R-1497

ISSN 0395 - 7519

INRA

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
SERVICE DE
16 JUIL. 1979
DOCUMENTATION
VERSAILLES

BULLETIN TECHNIQUE N°36

(TRIMESTRIEL)

BTT-37

JUIN 1979

ERRATUM

BULLETIN TECHNIQUE N° 36 - JUIN 1979

Article de J.B. COULON, B. REMOND, M. JOURNET

- page 10 - 7e paragraphe : ont été normales
- page 11 - dernière ligne : les 4 dernières semaines
- page 12 - échelle des protéines en g p.1000
- page 13 - 3e ligne : 1,07 UFL/kg matière sèche

- Avec nos excuses -

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE N°36

C.R.Z.V. de Theix
63 110 - BEAUMONT
Tél. (73) 92-42-63

Editions S.E.I.
C.N.R.A. - VERSAILLES

JUIN 1979

BULLETIN TECHNIQUE N° 36

CENTRE DE RECHERCHES AÉRONAUTIQUES

ET AÉRENAVIRES DE TARBES

SOMMAIRE

Page

M. BROCHART. Thèmes de recherches du laboratoire d'Eco-pathologie..... 5

J.B. COULON, B. REMOND, M. JOURNET. Pouvoirs d'encombrement comparés d'un lactosérum liquide et d'un aliment concentré énergétique..... 9

A. HODEN, M. JOURNET, B. MARQUIS. Les aliments liquides : Possibilités offertes par l'utilisation de sous-produits industriels 15

M. LAROCHE. Pertes de poids pendant le chauffage de viande de bovins..... 19

Ph. GOUET, J.P. GIRARDEAU, Y. RIOU. La flore microbienne des ensilages. I-Ecologie microbienne des fourrages verts et des ensilages 25

M. VERMOREL et M. BERNARD. Intérêt agronomique et nutritionnel du triticale..... 31

J.L. TROCCON, H. RULQUIN, M. JOURNET. Capacités d'ingestion comparées des vaches primipares et multipares..... 43

G. MONIN. Qualité de la carcasse, qualité de la viande et sensibilité au stress chez le porc.... 49

P. THIVEND. Influence de la tylosine sur les performances zootechniques du veau de boucherie..... 55

G. CARRERE, G. LIENARD, J.C. FAYET, avec la collaboration de J.M. BOISSEAU et M. DUMONT. En période climatique défavorable, quelle évolution observe-t-on pour un groupe d'élevages charolais nivernais ? Comparaison des résultats économiques de trois années (1975-1977) à ceux de l'année 1971 61

Les 11è journées du Grenier de Theix..... 77

Sommaires des publications des chercheurs du centre parues dans les annales de l'I.N.R.A. (2ème semestre 1978)..... 81

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix-I.N.R.A., 1979 (36) 5-7

THEMES DE RECHERCHES DU LABORATOIRE D'ECO-PATHOLOGIE

M. BROCHART

Ce laboratoire qui est issu de la division de l'ex station de Physiopathologie de la Nutrition (cf bulletin n° 28) se consacre à la fois à la poursuite de thèmes déjà étudiés antérieurement (nutrition et fertilité, pathologie podale) et aborde d'autres thèmes s'inscrivant dans une discipline nouvelle, l'Eco-Pathologie, à savoir la relation entre le ''milieu'', pris au sens large, et la pathologie.

I. NUTRITION ET FERTILITE

a) Niveau énergétique et azoté

Dix pour cent des vaches laitières nécessitent plus de 3 inséminations et on accorde généralement à une nutrition défectueuse la responsabilité de 50 % des cas d'infécondité collective d'étable. Des observations antérieures (BROCHART, GIROU, GAULLIARD, PACCARD) réalisées par enquêtes sur le terrain, et portant sur les relations entre niveaux alimentaires en énergie et azote au cours de la période de l'après vêlage et la fertilité, nous ont montré l'importance décisive du respect des normes alimentaires classiques ; dans nos enquêtes 50 % seulement des vaches recevaient des apports conformes aux normes. Ces observations ont été largement confirmées indépendamment de nous. Par ailleurs, nous avons montré qu'une supplémentation alimentaire énergétique et azotée instituée le jour de l'insémination pendant une huitaine de jours permettait de restituer une fertilité optimale chez les vaches carencées en énergie- azote (démonstration effectuée dans les conditions de la pratique, avec, dans chaque étable, un lot de vaches supplémentées et un lot de vaches témoins). Cette méthode, dite de ''flushing post-oestral'', permet également de réduire la durée de l'anoestrus *post-partum* des vaches sous-alimentées (''flushing incitatif''). On suppose que le mécanisme d'action de cette supplémentation alimentaire est probablement lié à une levée d'inhibition au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysaire.

Cette méthode, bien qu'efficace et peu onéreuse, a toutefois du mal à passer dans la pratique, car elle dépend de la décision du seul éleveur d'instituer la supplémentation en temps voulu. On constate qu'il le fait rarement. Nous avons tenté de la faire mettre en oeuvre par les contrôleurs laitiers, dans la mesure où ceux-ci sont à même de déceler une baisse anormale précoce de persistance de production laitière, baisse que nous avons montré être le meilleur critère de sous-alimentation énergétique et azotée ; cette tentative a été également un échec. Ce thème de recherche est abandonné ; il revient à la vulgarisation de développer cette méthode si elle la juge intéressante.

b) Kystes ovariens et acides gras essentiels

Nous nous attachons actuellement (Melle M. CHASSAGNE, BROCHART, PACCARD, ingénieur I.T.E.B., et divers stagiaires français et étrangers, dont BAZIN, DA SILVA MARQUES, ZIARI) à résoudre le problème de l'étiologie et de la prophylaxie des kystes ovariens, cause importante d'infécondité et dont la fréquence tend à croître. L'hypothèse a été avancée par nous que l'absence d'ovulation, qui est la cause du développement kystique, pourrait résulter d'un déficit de la prostaglandine $PgF2_{\alpha}$; ce déficit pourrait lui-même être secondaire à une carence en acides gras essentiels (AGE) précurseurs des prostaglandines. Nous avons effectivement observé chez des vaches abattues une différence significative entre vaches à kystes et sans kystes en ce qui concerne les AGE des lipides corporels de réserve ou des membranes des hématies. La méthodologie utilisée par M. CHASSAGNE est la chromatographie en phase gazeuse et colonne capillaire.

Nous dépendons malheureusement pour le matériel animal de vaches d'abattoir. Si le dosage des AGE dans les membranes d'hématies se confirme être bien discriminant, nous pensons avoir recours à des prélèvements de sang de vaches à kystes et sans kystes que nous fourniraient des vétérinaires praticiens. Si cette étape, à venir, confirmait le rôle des AGE dans l'étiologie des kystes, une prophylaxie serait recherchée par l'administration alimentaire d'AGE protégés de l'action hydrogénante de la flore du rumen.

Par ailleurs, avec l'aide de DA SILVA MARQUES, nous avons pu produire chez la ratte une carence expérimentale en AGE et des perturbations importantes et précoces du cycle oestral ; macroscopiquement, on a observé de gros follicules sur les ovaires ; l'analyse histologique a confirmé que ces follicules ont subi une évolution régressive et que leur diamètre est de 50 % supérieur à ceux des follicules des rattes témoins.

II. PATHOLOGIE PODALE

Cette pathologie multiforme est en extension chez les vaches laitières et les jeunes bovins engraissés intensivement. Nous avons, avec l'aide d'un stagiaire de l'ENSA de Rennes, PESLIER, réalisé une enquête dans des exploitations laitières avec l'aide de la FRCETA Bretagne-Pays de Loire. Il est apparu que le niveau de production laitière, la persistance de celle-ci, l'hérédité, et la nature du sol des stabulations étaient des facteurs influençant cette pathologie, qui est tantôt infectieuse, tantôt nutritionnelle et métabolique (''fourbure'') ; l'analyse pilaire (corne et poils sont tous deux des kératines) a montré la possibilité d'un autre facteur favorisant, à savoir la carence en zinc, dont on connaît par ailleurs l'influence qu'elle exerce sur l'épiderme (kératine). Une expérience est en cours portant sur un lot de 400 vaches injectées avec du zinc retard (selon LAMAND) et 400 vaches témoins, dans les mêmes étables.

L'analyse des facteurs ''écologiques'' favorisant le développement de la pathologie podale sera poursuivie dans le cadre de l'«enquête écopathologique continue» basée sur les ''élevages-observatoires'' (voir plus loin)

III. FACTEURS SUSCEPTIBLES DE MODULER LA REPONSE IMMUNITAIRE

FAYET, au cours de ses recherches antérieures sur la diarrhée des veaux (recherches qui ont abouti à une méthode de correction très efficace des pertes hydriques, salines et de l'acidose consécutives à la déshydratation), avait observé fréquemment des images histologiques d'hypothyroïdie apparemment antérieures à l'apparition de ces diarrhées. Des arguments de natures diverses plaidant en faveur de l'influence de certains facteurs endocriniens (thyroïde, surrénales) sur la réponse aux infections et aux troubles métaboliques en découlant, il a paru intéressant que soit étudié le problème plus général du contrôle de la réponse immunitaire et de sa modulation par divers facteurs, notamment saisonniers, alimentaires et individuels. La venue récente dans le laboratoire voisin des Maladies Nutritionnelles de D. LEVIEUX, immunologiste, permettait d'envisager une collaboration fructueuse. Dans ce cadre général FAYET poursuit deux approches complémentaires :

a) Cycle annuel des Immunoglobulines chez les bovins ; FAYET vérifie s'il existe bien, comme une observation antérieure de BROCHART, CHASSAGNE et PACCARD le suggère, un cycle annuel des Immunoglobulines sériques ; parallèlement, sont dosés la thyroxine et le cortisol sériques. Si le cycle était confirmé, il pourrait sans doute expliquer la variation saisonnière de la fréquence de certaines affections.

b)Influence du régime, de l'âge et du nombre de gestation (''parité'') chez les souris.

Ces influences sont étudiées en parallèle avec la mesure de la thyroxinémie et de la captation d'Iode^{131} par la thyroïde. Par ailleurs, sur les deux lignées de souris sélectionnées par Biozzi, faible et forte productrice d'anticorps, FAYET doit mesurer l'activité thyroïdienne. L'objectif de ces recherches est de pouvoir éventuellement moduler, en cas de besoin (stress, infections), la réponse immunitaire, à l'aide de l'hormone ou des hormones appropriées.

IV. ENQUETE ECO-PATHOLOGIQUE CONTINUE EN ELEVAGES-OBSERVATOIRES

Cette enquête est menée par BARNOUIN en collaboration avec la Fédération Nationale des Groupements de Défense Sanitaire du Bétail (FNGDSB) dans 135 élevages-observatoires de bovins ou ovins de 7 départements. Elle doit collecter en permanence les informations d'ordre sanitaire, alimentaire, hygiénique, météorologique, etc... Les objectifs sont :

1) décrire la nature, la fréquence, l'évolution, dans l'espace et dans le temps, des symptômes pathologiques tels qu'ils sont constatés par les éleveurs d'abord, et éventuellement diagnostiqués par les vétérinaires et les laboratoires ensuite ;

2) déceler les associations pathologiques les plus fréquentes, et vérifier si elles ont des facteurs prédisposants communs ;

3) mieux connaître les facteurs du milieu, au sens le plus large possible, qui sont favorables au développement de la pathologie.

L'accent sera porté, dans un premier temps, sur trois syndromes importants : infécondité, pathologie podale, pathologie hépatique (cette dernière en collaboration avec le laboratoire d'Anatomie Pathologique du Professeur PARODI, Alfort). A titre de contrôle des informations d'ordre alimentaire, et de service à rendre aux éleveurs pour maintenir leur motivation, des profils biochimiques plasmatiques gratuits seront réalisés deux fois par an, et des analyses périodiques des sols seront également effectuées.

Le traitement informatique de la grande masse de données collectives sera réalisé avec le concours du département de Biométrie INRA.

La complexité d'une telle recherche ne nous échappe pas ; il nous semble qu'elle devait néanmoins être entreprise, car il est grand temps de superposer aux approches analytiques indispensables de la pathologie une approche synthétique qui fait cruellement défaut. Nous espérons progresser en corrigeant au fur et à mesure les erreurs inévitables. En cas de réussite, l'objectif est de quadriller la partie du territoire français qui se consacre à la production des ruminants par de tels élevages-observatoires, qui seraient la base d'un système d'«Avertissement Santé animale».

Cette recherche fait l'objet d'une ''Action thématique programmée'' (ATP) de l'I.N.R.A., regroupant la FNGDSB, les Services Vétérinaires et, en ce qui concerne l'I.N.R.A., en dehors du laboratoire d'Eco-Pathologie, le département de Biométrie, le département de Bioclimatologie, le laboratoire d'Analyse des Sols d'Arras. Le financement doit être en principe relayé à partir de 1980 par un important ''Contrat de Programme'' de la D.G.R.S.T.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 9-13

POUVOIRS D'ENCOMBREMENT COMPARES D'UN LACTOSERUM LIQUIDE ET D'UN ALIMENT CONCENTRE ENERGETIQUE

J.-B. COULON*, B. REMOND, M. JOURNET

avec la collaboration de B. MARQUIS
Laboratoire de la Production Laitière

Dans un essai précédent, REMOND et al. (1978) ont montré, chez des vaches laitières recevant des rations à base d'ensilage de maïs, que le remplacement (sur la base de la matière sèche) d'une partie de l'aliment concentré (2,5 à 3,3 kg/vache) par du lactosérum, permettait de produire des quantités presque équivalentes de lait à 4 p.100 de matières grasses, mais un lait plus riche en matières grasses. Or, pour déterminer la valeur alimentaire du lactosérum en remplacement d'un concentré, il importe de connaître non seulement sa valeur nutritive (énergétique et azotée), et ses effets sur la production et la composition du lait, mais encore son pouvoir d'encombrement, c'est-à-dire son effet sur l'ingestion volontaire de fourrage lorsqu'il se substitue à une quantité égale de matière sèche d'aliment concentré.

Dans cet essai, nous avons donc comparé le pouvoir d'encombrement d'un lactosérum liquide, distribué à raison de 40 litres par jour, à celui d'un aliment concentré énergétique offert en même quantité de matière sèche, en mesurant l'effet de leur distribution sur les quantités ingérées d'un ensilage de maïs offert à volonté.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

Avant le début de l'essai, les 20 vaches utilisées, de type Pie Noir, étaient au pâturage et recevaient en supplément environ 6 kg de M.S. d'ensilage de maïs par jour. Au début de l'essai, elles étaient toutes en lactation (au 259ème jour en moyenne) et produisaient 12,1 kg à 4 p.100 de matières grasses en moyenne.

Pendant une première période (préexpérimentale) d'une durée de 5 semaines dont 2 de mise en régime, elles reçurent de l'ensilage de maïs à volonté (à 33 % de MS pendant les 3 premières semaines, à 39 % ensuite), qui représentait 83 % de la ration totale, et 40 l. de lactosérum. A la fin de cette période, 2 lots d'animaux furent constitués sur la base de la production laitière, du poids vif, du stade de gestation et de la quantité d'ensilage ingérée. Durant une seconde période (expérimentale) d'une durée de 6 semaines dont 2 de transition, la moitié des animaux continua de recevoir le régime précédent (lot Lactosérum - Lot L) tandis que l'autre recevait en substitution au lactosérum une quantité équivalente (en matière sèche) de concentré énergétique (lot concentré - lot C). Du "Rumipec" (mélange 50/50 d'urée et de minéraux) en période pré-expérimentale (400 g/j) et de l'urée (200 g/j) et des minéraux du type 10.20 (200 g/j) en période expérimentale, furent distribués en supplément. Les animaux produisant plus de 15 kg de lait reçurent du tourteau de soja-colza 50/50 tanné à raison de 140 g de MS par kg de lait au-dessus de cette production.

Le lactosérum utilisé provenait de la fabrication du fromage du type Bleu d'Auvergne ; son pH moyen à l'arrivée de la fromagerie était de 6,22 et sa teneur en matière sèche, mesurée à l'étuve ventilée de 80-85°C pendant au moins 3 jours, était de 5,96 %. Il était livré en général tous les 2 jours, stocké sous un hangar dans un conteneur en matière plastique et distribué une fois par jour dans des bacs en matière plastique.

* Elève ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier 9, Place Viala - 34060 MONTPELLIER.

Le concentré qui lui fut substitué en période expérimentale pour le lot C avait la composition suivante : 30 % de maïs, 25 % d'orge, 32 % de pulpes, 10 % de luzerne, 1,5 % de phosphate bicalcique, 1 % de $CaCO_3$ et 0,5 % de sel. Sa concentration énergétique était de 1,07 UFL/kg MS ; il était distribué 2 fois par jour avec l'ensilage.

Les quantités ingérées ont été mesurées 5 jours par semaine, la production du lait tous les jours, les taux butyreux et de protéines 4 jours par semaine, le poids vif une fois par semaine et les teneurs en MS et le pH du lactosérum à chaque livraison (3 à 4 fois par semaine). Les principaux résultats obtenus sont présentés et illustrés au tableau et graphique en annexe.

RESULTATS

- Quantités ingérées

Le lactosérum a été bien consommé sauf par 2 vaches, une dans chaque lot, qui ont systématiquement fait des refus importants (28 % des quantités offertes pour celles du lot L, 45 % pour celles du lot C en période pré-expérimentale). Il a représenté en moyenne 15 % des quantités totales de M.S. ingérées par le lot L en période expérimentale.

La substitution du concentré au lactosérum n'a pas entraîné de variation sensible de la quantité de M.S. totale ingérée. Cependant, si en période préexpérimentale le lot L a présenté une capacité d'ingestion supérieure de 250 g de MS (100 g d'ensilage + 70 g de tourteau + 80 g de lactosérum) à celle du lot C, celle-ci n'était plus que de 110 g (230 g d'ensilage + 30 g de tourteau- 150 g de lactosérum) en période expérimentale. Le remplacement du lactosérum par du concentré a donc entraîné une augmentation (non significative, $P > 0,1$) de 140 g de la quantité de MS totale ingérée par le lot C; le lactosérum aurait donc un pouvoir d'encombrement égal ou légèrement supérieur à celui du concentré utilisé (0,94 kg de MS de lactosérum ayant le même pouvoir d'encombrement que 1 kg de MS de concentré). Si nous ne tenons pas compte des deux vaches ayant fait des refus, le même calcul donne 0,90 kg de MS de lactosérum pour 1 kg de MS de concentré.

Dans les 2 lots la quantité d'ensilage ingérée a fortement augmenté consécutivement à la suppression du pâturage (+ 3,5 kg de MS pendant les 4 premières semaines), pour atteindre un niveau très élevé de près de 14 kg de MS. Elle s'est ensuite stabilisée à 12,5 kg/j de MS environ, dans les 2 lots.

Les bilans énergétique et azoté ont été très positifs pour les 2 lots : + 3,8 UFL/j, + 242 g/j de PDIN et + 183 g/j de PDIE sur l'ensemble des 11 semaines de l'essai pendant lesquelles les vaches ont produit 10,2 l de lait 4 p.100 et gagné 1180 g/j de poids vif (différences entre les pesées effectuées en 11ème et 1ère semaine).

Production et composition du lait

Le taux de matières grasses du lait a augmenté très fortement et rapidement (6 à 8 g p.1000 en 1 semaine) en début d'essai, consécutivement à l'introduction de lactosérum dans la ration, à la suppression du pâturage et à l'augmentation de la quantité d'ensilage de maïs ingérée ; simultanément, la production de lait a diminué de près de 2 kg. Ensuite les évolutions générales de la production laitière (décroissance régulière), des taux de matières grasses et de matières azotées du lait (augmentations régulières) ont été anormales pour des animaux en fin de lactation.

Pendant la période expérimentale, les quantités de lait et surtout de lait 4 p.100 ont été légèrement plus élevées chez le lot L, mais les différences ne sont pas significatives.

Le taux de matières grasses du lait a été plus élevé de 1,5 g p.1000 ($P < 0,1$) pour les vaches recevant le lactosérum, malgré son niveau déjà élevé à ce stade de la lactation. Le taux de protéines n'a pas été modifié.

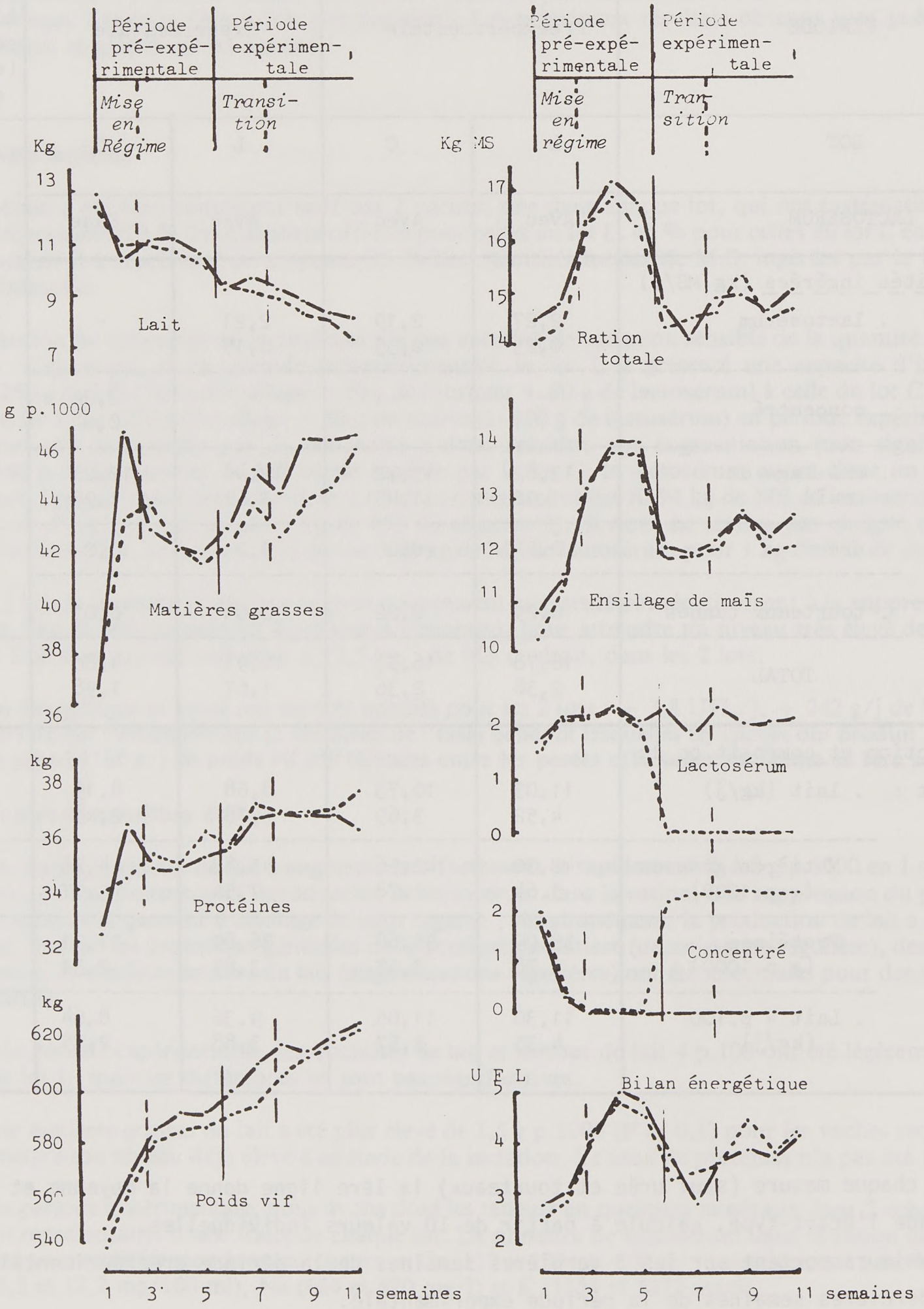
Durant la période expérimentale, nous avons dosé les teneurs en quelques minéraux dans 2 échantillons moyens de lait représentatifs d'une traite de chaque lot. La présence de lactosérum dans la ration ne semble avoir provoqué aucune différence dans les teneurs en Ca (117 et 120 mg/100 ml respectivement pour les lots L et C), Mg (13,5 et 12,7 mg/100 ml), Na (664 et 620 mg/l) et K (1354 et 1372 mg/l).

TABLEAU : QUANTITES INGEREES, PRODUCTION ET COMPOSITION DU LAIT*

PERIODE	Préexpérimentale		Expérimentale		Signification au seuil 10 % (analyse de covariance)
LOT	L	C	L	C	
LACTOSERUM	Avec	Avec	Avec	Sans	
Quantités ingérées (kg MS/j)					
. lactosérum	2,27 0,23	2,19 0,35	2,21 0,15	-	
. concentré	-	-	-	2,36 0,04	
. ensilage de maïs	13,82 1,92	13,72 1,95	12,46 1,61	12,23 1,95	
. urée	0,2	0,2	0,2	0,2	
. tourteaux tannés	0,29	0,22	0,04	0,01	
TOTAL	16,78 2,38	16,53 2,36	14,91 1,67	14,80 1,98	NS
Production et composition du lait : . lait (kg/j)	11,03 4,52	10,73 3,69	8,68 3,78	8,19 2,43	NS
. Matières grasses (g p.1000)	42,30 5,64	42,56 3,78	45,83 7,54	44,26 5,77	S
. Protéines (g p.1000)	35,09 3,78	35,68 2,17	36,89 3,87	37,31 2,31	NS
. Lait 4 p.100 (kg/j)	11,30 4,35	11,05 3,57	9,36 3,88	8,64 2,35	NS

* Pour chaque mesure (sauf urée et tourteaux) la 1ère ligne donne la moyenne et la seconde l'écart-type, calculé à partir de 10 valeurs individuelles.
Les valeurs portent sur les 3 dernières semaines de la période préexpérimentale et les dernières semaines de la période expérimentale.

FIGURE : PRODUCTION ET COMPOSITION DU LAIT, POIDS VIF, QUANTITES INGEREES ET BILAN ENERGETIQUE (—— Lot L ; ---- Lot C)



CONCLUSION

Cet essai a montré que le pouvoir d'encombrement du lactosérum utilisé est voisin de celui d'un concentré énergétique à base de céréales, de pulpes et de luzerne, ayant une concentration énergétique de 1,07 UFL/kg, et peut-être légèrement supérieur (de 5 à 10 p.100). Cela ne serait d'ailleurs pas surprenant car, avec de l'herbe verte, VERITE et JOURNET (1970) avaient observé que l'eau, au-dessus d'une quantité totale ingérée de 4,5 l/kg de MS ingérée, avait un certain pouvoir encombrant. Or, dans notre essai, les quantités d'eau (lactosérum + ensilage de maïs) ingérées ont été de 4,2 l/kg de MS ingérée, mais il est possible qu'en tenant compte des quantités d'eau bues qui n'ont pas été mesurées, une valeur voisine de 4,5 l d'eau ingérée par kg de MS ait été atteinte et même dépassée.

Cet essai montre par ailleurs que des vaches laitières en fin de lactation produisant en moyenne 10 kg de lait par jour et recevant une ration d'ensilage de maïs + urée à volonté plus 40 l. de lactosérum, reconstituent efficacement leurs réserves puisque le gain de poids vif a dépassé 1000 g par jour et a nécessité 3,20 UFL par kg de gain de poids vif. Pour des vaches taries, ce régime serait trop riche et il conviendrait de supprimer le lactosérum ou de limiter l'ensilage.

Enfin, cet essai a confirmé l'action favorable du lactosérum sur le taux de matières grasses du lait et l'absence de problèmes sanitaires liés à son utilisation (en quantité rationnée dans cet essai), dans la mesure où l'on ménage aux animaux une période d'adaptation à ce nouvel aliment.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Y. RAYSSIGUIER pour ses dosages de minéraux dans le lait.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REMOND B., MARQUIS B., HODEN A., JOURNET M., 1978. Utilisation du lactosérum par les vaches laitières. *Bull. Techn. CRZV Theix* - INRA, **33**, 53-59

VERITE R., JOURNET M., 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshydratation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Ann. Zootech.*, **19**, 255-268.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 15-18

LES ALIMENTS LIQUIDES : POSSIBILITES OFFERTES PAR L'UTILISATION DE SOUS - PRODUITS INDUSTRIELS

A. HODEN et M. JOURNET avec B. MARQUIS

Laboratoire de la Production Laitière

La mélasse est restée la source glucidique la plus employée pour la fabrication des aliments liquides. Elle risque cependant à l'avenir d'être incorporée en plus faible proportion compte tenu de son coût fluctuant et de l'apparition sur le marché de divers sous-produits industriels qui étaient jusqu'ici séchés ou rejetés dans le milieu naturel. Ceux-ci peuvent être utilisés comme source d'énergie ou d'azote, comme support des minéraux et des matières azotées ou comme facteur d'appétence pour régler l'ingestion volontaire d'aliment liquide. Parmi ces sous-produits on peut citer ceux de laiterie (lactosérum, etc.....), de fermentation de la mélasse et des industries du bois (lignosulfites...) (DELORT-LAVAL, 1978).

Il nous est donc apparu opportun d'étudier l'utilisation comparative des aliments liquides contenant quelques uns de ces sous-produits en substitution de la mélasse. Avec une ration déficitaire en azote fermentescible, nous avons ainsi comparé durant l'hiver 1977-78 un aliment liquide de fabrication ''classique'' à 2 aliments expérimentaux contenant du lactosérum ou des lignosulfites neutres d'ammonium dont nous avions déjà montré la possibilité d'utilisation (HODEN et JOURNET, 1978).

CONDITIONS EXPERIMENTALES

Selon un schéma en carré latin 3 × 3, 16 génisses d'élevage de races laitières (FF - HF et HF × FF) de ''2 ans'' (675 ± 54 jours d'âge) et pesant 443 ± 62 kg en début d'hiver (21/11/77) ont reçu au cours de 3 périodes expérimentales (P1, P2 et P3) de 5 semaines chacune l'un des 3 aliments liquides suivants par l'intermédiaire d'un distributeur à roue :

- A - ''Classique'' (RUMILIX 45 - Fabrication 1976) à 450 g MAT/kg, estimé à 0,25 UFL, 250 g PDIN et 10 g de PDIE par kg (57 p.100 MS) ;
- B - ''Lignosulfites'' (20 p.100 environ - SL 320 de l'AVBN) à 320 g MAT/kg estimé à 0,40 UFL, 170 g de PDIN et 25 g de PDIE par kg (63 p.100 MS),
- C - ''Lactosérum'' (43 % à 25 p.100 MS - DAMILIQ 13) à 390 g MAT/kg estimé à 0,40 UFL, 230 g de PDIN et 30 g de PDIE par kg (56 p.100 MS).

Par ailleurs, les génisses conduites en stabulation libre ont reçu à volonté de la paille de blé (41 p.100 de cellulose brute, 3,9 p.100 N × 6,25) estimée à 0,41 UFL, 22 g PDIN et 43 g PDIE par kg MS (INRA, 1978. La complémentation énergétique était réalisée en distribuant en outre près de 3 UFL par jour sous forme d'ensilage de maïs (0,85 UFL, 7,7 p.100 MAT, 48 g PDIN, 70 g PDIE par kg MS) de façon à atteindre l'objectif de gain de poids vif de 300 g/j. La complémentation minérale était assurée par l'apport d'environ 100 g/j d'un composé de type 8-16 contenant des oligo-éléments. Des pierres à sel étaient par ailleurs mises à la disposition des animaux.

En plus des mesures zootechniques ''classiques'' (pesées des quantités d'aliments offertes et refusées 4 jours par semaine et des animaux tous les mois), nous avons observé les animaux à l'aide d'une caméra (1 photo toutes les 7 secondes) durant 12 h. consécutives (7 h. - 19 h.) au cours des périodes P1 et P3. Par

ailleurs, nous avons contrôlé l'urémie des animaux au cours de la période P3. L'essai a duré au total 16 semaines et les résultats présentés au tableau 1, portent sur les 3 dernières semaines de chacune des périodes expérimentales.

RESULTATS

. *Des consommations différentes d'aliments liquides selon la nature des 3 aliments liquides, et des apports de PDIN soit légèrement déficitaires soit excédentaires que traduisent bien les taux d'urée sanguine.*

Les consommations d'aliments liquides A, B, et C se sont situées respectivement dans les rapports de 1, 1,6 et 2,7 ($P < 0,01$). L'aliment A a été ingéré en faible quantité (487 g) en raison probablement de sa durée de conservation puisqu'il avait été fabriqué plus d'un an auparavant. Nous avons d'ailleurs observé des dépôts de ''boue'' dans le fond du distributeur. Les quantités ''d'équivalent urée'' ingérées ne se sont cependant situées que dans les rapports de 1, 1,1 et 2,4 respectivement pour A, B et C, compte tenu des teneurs en matières azotées des différents aliments liquides (45, 32 et 39 p.100 N $\times$ 6,25 pour A, B et C). Par rapport à l'ingestion moyenne souhaitée (HODEN, 1977 et 1978 ; HODEN et JOURNET, 1978) de 30 g p.100 kg de poids vif (p.100 kg de P.V.) au niveau d'un lot, les quantités d'urée ingérées seraient donc insuffisantes avec les aliments A et B (16 et 18 g p.100 kg P.V. respectivement) et en revanche trop élevées avec l'aliment C (38 g p.100 kg P.V.) mais nous n'avons observé aucune répercussion sur l'état sanitaire des animaux.

Les urémies obtenues sur du sang prélevé en milieu de journée ont été normales et ont varié dans le même sens que les quantités d'urée ingérées. Elles sont ainsi passées en moyenne de 15 à 21 et à 26 mg p.100 ml de sang pour les aliments A, B et C, seule l'urémie du lot A semble un peu trop faible. On observe que la variabilité entre animaux du taux d'urée sanguine était très faible (10 p.100 environ) pour 2 des aliments (A et B) mais plus élevée pour le 3ème (33 p.100) ; elle est très inférieure à la variabilité du nombre de passage des animaux au distributeur en 12 heures d'observation diurne.

. *Des apports bien étalés d'aliments liquides (et d'équivalent-urée) avec une faible quantité ingérée à chaque passage.*

Le nombre de passages au distributeur en 12 heures consécutives (7 h.-19h.) a été d'autant plus important que le niveau d'ingestion d'aliment liquide était élevé. Il a ainsi été en moyenne d'environ 8, 13 et 21 pour les traitements A, B et C de sorte que la quantité d'aliment liquide ingérée par passage a été comprise entre 50 et 60 g et celle d'urée entre 6 et 8 g pour tous les types d'aliments. Simultanément, le coefficient de variation du nombre de passages entre animaux est passé de 66 p.100 pour l'aliment A à environ 40 p.100 pour les aliments B et C mais avec des extrêmes variant dans les rapports de 1 à 3 et de 1 à 5 respectivement. Tous les animaux sont cependant passés au moins une fois au distributeur durant notre période d'observation et l'on peut penser que le comportement nocturne des animaux a contribué à diminuer cette variabilité (HODEN et JOURNET, 1978 - HODEN, 1978).

. *Une faible consommation de paille, due au niveau mais aussi probablement à la nature (ensilage de maïs) du complément énergétique*

Les consommations de paille (0,93 kg MS p.100 kg P.V.) ne sont pas différentes selon les traitements mais sont faibles par rapport au niveau d'ingestion (1,30 kg MS p.100 kg P.V.) habituellement observé avec ce type de régime (HODEN et JOURNET, 1978 ; HODEN, 1978). Ceci peut être relié au niveau de complémentation énergétique plus élevée (2,9 UFL au lieu de 2,4) et surtout à la nature de cette complémentation qui a été effectuée avec de l'ensilage de maïs (27,3 p.100 M.S., 37 p.100 de grains), vraisemblablement plus encombrant qu'une céréale pure (maïs-grain).

. *Des gains de poids vif en accord avec les apports d'UFL et de PDI.*

Les gains de poids vif quotidiens des animaux ont été en moyenne de 296 $\pm$ 101 g (en 140 jours) pour des génisses d'un poids vif moyen de 468 $\pm$ 66 kg. Compte tenu du schéma expérimental utilisé (3 périodes de 5 semaines), il n'est pas possible d'estimer correctement les performances des animaux selon chacun des traitements. Les apports recommandés (INRA, 1978) pour ce type d'animal sont d'environ 5,4 UFL et 420 g PDI. Les apports énergétiques estimés ont été en moyenne de 5,2 UFL et ceux en PDIE ont toujours été

TABLEAU 1 : PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS SUR L'UTILISATION DE 3 TYPES D'ALIMENT LIQUIDE

Moyenne des 3 dernières semaines de chaque période expérimentale - 16 animaux.

TRAITEMENTS Type d'aliment liquide	A "Classique"	B "Lignosulfites"	C "Lactosérum"
Quantités ingérées - kg MS :			
. paille de blé	4,43	4,31	4,37
. ensilage de maïs	3,39	3,39	3,39
. * Aliment liquide - g	487 ± 109	773 ± 234	1331 ± 262
Ration totale - p.100 poids vif	1,73	1,75	1,82
"Equivalent urée" 46 % N :			
- g/j	76	86	180
- g p.100 kg poids vif	16,2	18,4	38,5
Apports nutritifs :			
. UFL	4,8	5,0	5,2
. MAT - g	653	576	951
. PDIN - g	382	389	565
. PDIE - g	432	442	465
. MAT p.100 ration totale	8,1	8,3	11,2
Comportement alimentaire :			
Nombre de passages au distributeur (2 périodes de 12 h.) :			
. Moyennes ± σ entre animaux	7,9 ± 5,2	13,2 ± 5,1	20,8 ± 8,6
. extrêmes	1 - 15	7 - 20	7 - 34
Quantité ingérée par passage			
. d'aliment liquide - g	47	52	60
. d'équivalent urée - g	7,4	5,8	8,1
Urée du sang - mg p.100 ml (1 prélèvement en P3)	15,3 ± 1,8	21,1 ± 1,9	25,7 ± 8,4

* ± σ des moyennes entre semaines (9 valeurs).

satisfaits (446 g en moyenne). En revanche, par rapport à ces recommandations, les apports en PDIN ont été excédentaires (+ 145 g) pour le traitement C mais légèrement déficitaires (-35 g) pour les traitements A et B. Mais ce déficit en azote fermentescible peut avoir été couvert par le recyclage d'azote au niveau du rumen (INRA, 1978). Par ailleurs, le déficit en PDIN par rapport aux PDIE apportées (Aliments A et B) a été voisin de 10,5 g par UFL. Cet apport limitant d'azote fermentescible n'a en principe pas dû provoquer d'effets dépressifs quant à l'activité de la population microbienne (INRA, 1978).

CONCLUSION - DISCUSSION

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences d'appétibilité entre aliments liquides que l'on peut attribuer à leur composition.

- L'aliment ''classique'', riche en matières azotées (45 % N×6,25), est le moins appétible des 3 aliments utilisés compte tenu de sa composition (équivalent urée de 15 %). Par ailleurs, la durée de conservation a encore vraisemblablement accentué ce phénomène. Il n'est de ce fait pas étonnant que le niveau d'ingestion ait été inférieur à 20 g d'urée p.100 kg de poids vif.

- L'introduction de lignosulfites neutres d'ammonium au taux d'environ 20 p.100 (avec 52 p.100 de mélasse) a permis d'atteindre un niveau moyen d'ingestion d'urée de près de 20 g p.100 kg P.V., avec la plus faible quantité d'urée ingérée à chaque passage et la plus faible variabilité des quantités ingérées entre animaux. Ce niveau d'ingestion inférieur à celui obtenu dans un essai précédent (HODEN et JOURNET, 1978) peut être attribué à l'ensilage de maïs utilisé en remplacement du maïs-grain, qui a nécessité un temps d'ingestion beaucoup plus long et qui a apporté une quantité d'azote fermentescible plus importante (110 g contre 60 g de PDIMN environ avec le maïs-grain).

- Pour des animaux à besoins relativement faibles, l'utilisation de lactosérum (43 p.100 séché à 25 p.100 MS), en association à de la mélasse (43 p.100), a permis une ingestion élevée d'aliment liquide, trop importante pour ce type de ration (paille + ensilage de maïs) et même probablement excessive pour certaines génisses d'après le nombre de passages au distributeur et le taux d'urée sanguine. Cette appétibilité élevée du lactosérum pourrait être mise à profit pour concevoir des aliments liquides servant à la fois de complément énergétique et azoté des rations de fourrages pauvres (à base de paille ou de foin). Pour cela, il faudrait accroître la concentration énergétique ($\geqslant$ 0,6 UFL/kg) et réduire le taux azoté de ces compléments qui pourrait varier de 18 à 25 p.100 selon le type de fourrage complémenté. Les sources d'azote non protéique d'origine industrielle (urée, polyphosphates d'NH4, phosphate d'urée) pourraient alors être remplacées en totalité ou en partie par des sous-produits de traitement de la mélasse, moins riches en azote que celles-ci et contenant des formes d'azote aminé, facteurs stimulants de l'activité microbienne. Nos essais en cours actuellement portent sur ce thème.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DELORT-LAVAL J., 1978. Matières premières et technologie des aliments liquides. p. 3-7. Journée ADEPRINA sur les aliments liquides - 23 Février - Paris.

HODEN A., 1977. La paille nécessite des compléments. La place des mélanges à base d'urée. *L'Elevage,* n° hors série "Les fourrages secs" p. 76-80.

HODEN A., 1978. Modalités de complémentation en azote et en minéraux des régimes à base de pailles ou de fourrages pauvres. *Bull. Techn. Inf.,* N° spécial sur l'utilisation des sous produits.

HODEN A., JOURNET M., 1977. Efficacité d'utilisation de différents compléments azotés non protéiques offerts en libre service en complément de ration à base de paille. *Bull. Tech. CRZV Theix - INRA,* **27**, 23-29.

HODENA., JOURNET M., 1978. Comportement alimentaire, niveau d'ingestion et croissance des génisses d'élevage recevant des rations à base de paille complémentées par des aliments liquides. p. 39-41. Journée ADEPRINA sur les aliments liquides. 23 Février - Paris.

HODEN A., JOURNET M., 1978. Intérêt de l'incorporation des lignosulfites d'ammonium dans les mélanges liquides à base d'urée et de mélasse. *Bull. Tech. CRZV Theix - INRA,* **34** 51-58.

INRA, 1978. *Alimentation des Ruminants.* Ed. INRA Publications (route de St-Cyr) 78000 VERSAILLES.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la S.C.P.A., l'AVEBENE et l'U.L.N. de leur concours technique et de nous avoir fourni les aliments liquides RUMILIX 45, SL 320 et DAMILIQ 13 qui ont permis la réalisation de cet essai.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 19-24.

PERTES DE POIDS PENDANT LE CHAUFFAGE DE VIANDE DE BOVINS

M. LAROCHE

Station de Recherches sur la Viande

INTRODUCTION

La viande est, dans sa quasi totalité, consommée après cuisson. Cette transformation, qui peut être effectuée par l'Industriel ou par la Ménagère, joue un grand rôle sur les caractéristiques organoleptiques du produit consommé et s'accompagne de pertes de poids.

La plupart des recherches sont effectuées sur la viande crue, et celles, beaucoup moins nombreuses, concernant la cuisson envisagent généralement la tendreté et rapportent accessoirement des résultats de pertes de poids. Ces travaux n'étant pas consacrés spécifiquement à ce problème mais organisés généralement à partir de préoccupations zootechniques ou biochimiques, et ceci dans des conditions de traitement thermique mal définies, les résultats ne sont pas comparables et n'ont donc qu'une portée très limitée. Une revue bibliographique (LAROCHE, 1978) nous a permis de distinguer deux facteurs importants pour les pertes de poids, une déliaison du jus sous l'effet de la température et une migration de ce jus hors du morceau.

Nous allons envisager ici principalement quelques moyens d'études et les résultats que l'on peut en attendre.

1 - ETUDES SUR LES PERTES DE POIDS

La grande majorité des Chercheurs étudient des chauffages définis uniquement par la température à coeur atteinte dans des morceaux dont les caractéristiques géométriques ne sont généralement pas mentionnées et indiquent des résultats de pertes de poids. Ces conditions, si elles sont proches de la pratique, ne peuvent pas permettre de tirer des conclusions concernant les pertes de poids. Par exemple, BENGTSSON et al. (1976) observent des pertes plus importantes pour un chauffage à une même température à coeur lorsque la température du four augmente et BAYNE et al. (1972), à des températures de four différentes, font la constatation inverse. Selon SCHMIDT et al. (1970), les pertes de poids sont plus importantes pour la viande de veaux que pour celle d'animaux plus âgés, mais BOUTON et HARRIS (1972) ont obtenu le résultat contraire en travaillant avec des veaux d'âges plus élevés. Différents auteurs (BOUTON et al., 1974 ; DAVEY et GILBERT, 1975) ont observé que les pertes de poids augmentaient lorsque la longueur des sarcomères (unité structurale des fibres musculaires) diminuait après une rétraction au froid (Cold Shortening), LOCKER et DAINES (1974, b) infirment ce résultat.

L'origine de ces contradictions peut être attribuée à un manque de définition des traitements thermiques due principalement à la non caractérisation géométrique des échantillons. Ce facteur, bien qu'extrêmement important, est en effet rarement signalé dans les articles faisant mention de pertes de poids. En faisant varier la longueur des échantillons dans la direction des fibres de 1 à 16 cm, LOCKER et DAINES (1974 a) observent des pertes de poids comprises entre 42 % (1 cm) et 17 % (16 cm) pour les mêmes conditions de chauffage, les différences étant un peu moins marquées pour la viande ayant été congelée (figure 1). BOUTON et al. (1976) ont étudié les pertes de poids avec des échantillons parallélipipédiques de mêmes dimensions ($6 \times 4 \times 2$ cm) pour un chauffage de 40 min à 80°C, ils observent des pertes de 29, 32 et 36 % lorsque la longueur dans le sens des fibres est respectivement de 6, 4 et 2 cm. Ils notent également que les différences diminuent lorsque la durée du chauffage augmente. Si, par exemple, dans les études de la rétraction au froid les dimensions des échantillons sont considérées avant rétraction, les échantillons les plus courts perdent plus, alors que, si les morceaux sont découpés après rétraction, les pertes sont comparables.

Pour pouvoir étudier le chauffage, il est donc nécessaire de définir avec exactitude les caractéristiques géométriques des morceaux et les conditions de chauffage. Il faut notamment que l'ensemble du morceau ait été soumis à la température choisie, c'est à dire que la durée du chauffage soit suffisamment longue. Des calculs théoriques effectués en utilisant les valeurs de diffusivité thermique données pour la viande par DE BAERMAEKER et al. (1978) indiquent qu'il faut environ 12 minutes pour réduire l'écart entre la température à coeur et la température de surface à 1/100 de sa valeur initiale dans un cube de viande de 2 cm de côté plongé dans un bac à température donnée. Ce type d'étude peut permettre des comparaisons entre différents facteurs. La généralisation des résultats obtenus reste actuellement très limitée, dans la mesure où les mécanismes de pertes de poids ne sont pas connus.

2 - RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons étudié les pertes de poids d'échantillons de muscle *Pectoralis profundus* de veaux et de bovins âgés de 18 mois afin de préciser l'influence de la température et de la durée du chauffage.

Pour 6 températures (40, 50, 60, 70, 80 et 97°C) nous avons étudié la cinétique de perte en considérant 5 temps de chauffage (15 min, 30 min, 1 h., 2 h. et 4 h.). Chaque muscle était découpé en échantillons parallélipipédiques de 4 cm dans la direction des fibres et de 2 cm dans les directions perpendiculaires. Les morceaux ainsi découpés étaient répartis en lots de 5 ou 6 échantillons devant subir un même traitement thermique. Les échantillons étaient chauffés dans des sacs plastiques plongés dans des bains thermostatés. Leur pesée avant chauffage et après 1 heure de refroidissement dans leur jus à la température ambiante permet de calculer la perte de poids. La taille des muscles des animaux des 3 lots de veaux ne permettait l'étude que d'une température, alors que celle des animaux de 18 mois en autorisait plusieurs.

Tous les muscles de veaux présentaient des pH normaux (5,4 - 5,6) mais parmi les muscles d'animaux de 18 mois, 2 avaient un pH de l'ordre de 6,2.

Globalement, nous disposons après cette série d'expériences de 32 cinétiques de pertes de poids à température constante en fonction de la durée du chauffage, chacune étant établie à partir de 25 à 30 échantillons d'un même muscle.

Quelques exemples de cinétiques sont représentés figure 2. Il apparaît que l'amplitude de la perte dépend de la température, et que cette perte est d'autant plus rapide que la température de chauffage est plus élevée; elle atteint dans ce cas rapidement une valeur limite, résultat déjà mis en évidence par BOUTON et al. (1975) qui, dans leurs conditions expérimentales, n'observent pas de différence de pertes de poids entre 2 et 16 h. de chauffage à 90°C alors que l'augmentation des pertes de poids est encore sensible à 60°C.

Il est important de souligner que pour des conditions considérées comme identiques : même animal, même muscle, mêmes dimensions d'échantillons, même température, même durée de chauffage, nous obtenons des résultats de pertes de poids relativement dispersées, les écarts entre les valeurs extrêmes pouvant atteindre 10 % du poids cru.

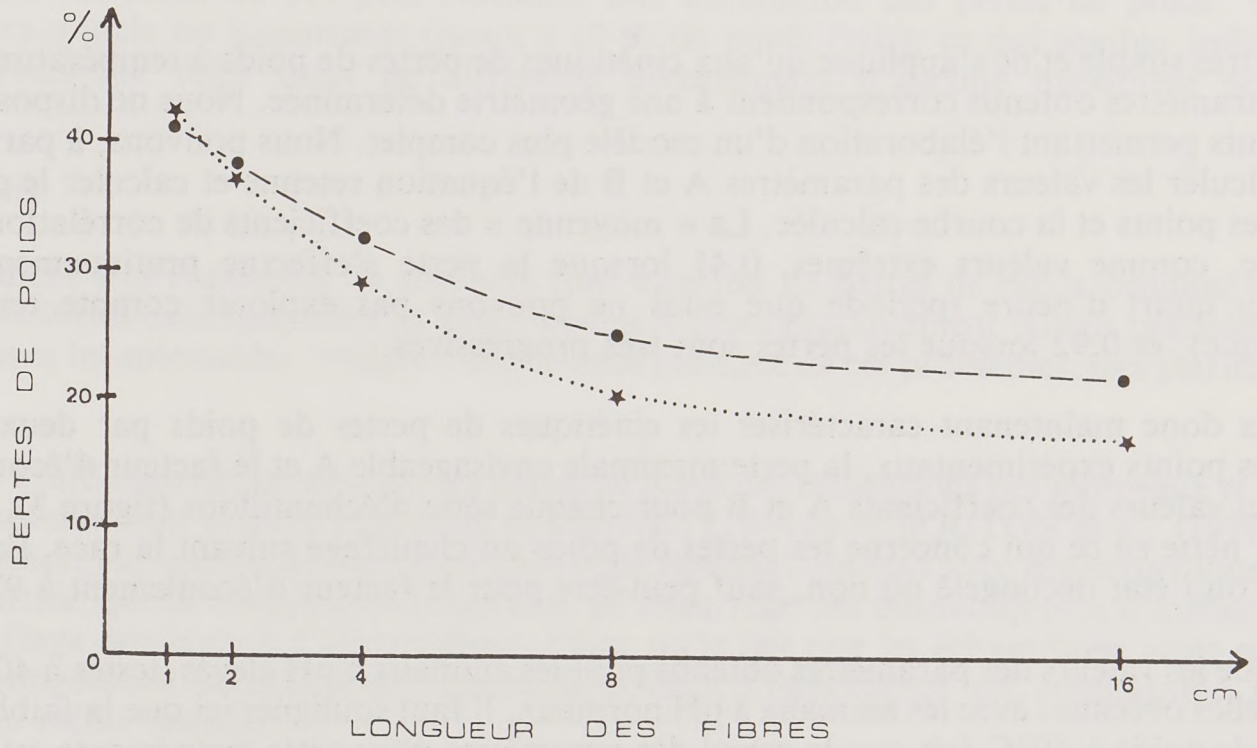
Pour pouvoir comparer ces cinétiques, il est souhaitable de pouvoir écrire l'équation de la courbe les représentant. Cette mise en équation peut être empirique, mais il est généralement fait appel à une analogie avec un autre phénomène, d'allure semblable, dont les lois sont connues. Si le modèle est satisfaisant, il peut permettre de prévoir l'importance du phénomène dans différentes conditions.

Dans nos expériences tous les échantillons ont les mêmes dimensions, le modèle que nous retiendrons ne pourra donc pas tenir compte de l'influence de la géométrie du morceau et ne possèdera donc qu'un champ d'application très limité. Comme les résultats de LOCKER et DAINES (1974 a) semblent mettre en évidence l'existence d'un phénomène d'écoulement du jus hors du morceau, il était logique de rechercher l'ajustement des cinétiques de pertes de poids sur un écoulement simple, nous avons choisi la vidange d'un réservoir. A partir de la loi de POISEUILLE, nous pouvons écrire :

$$P = A\,(1 - e^{-Bt})$$

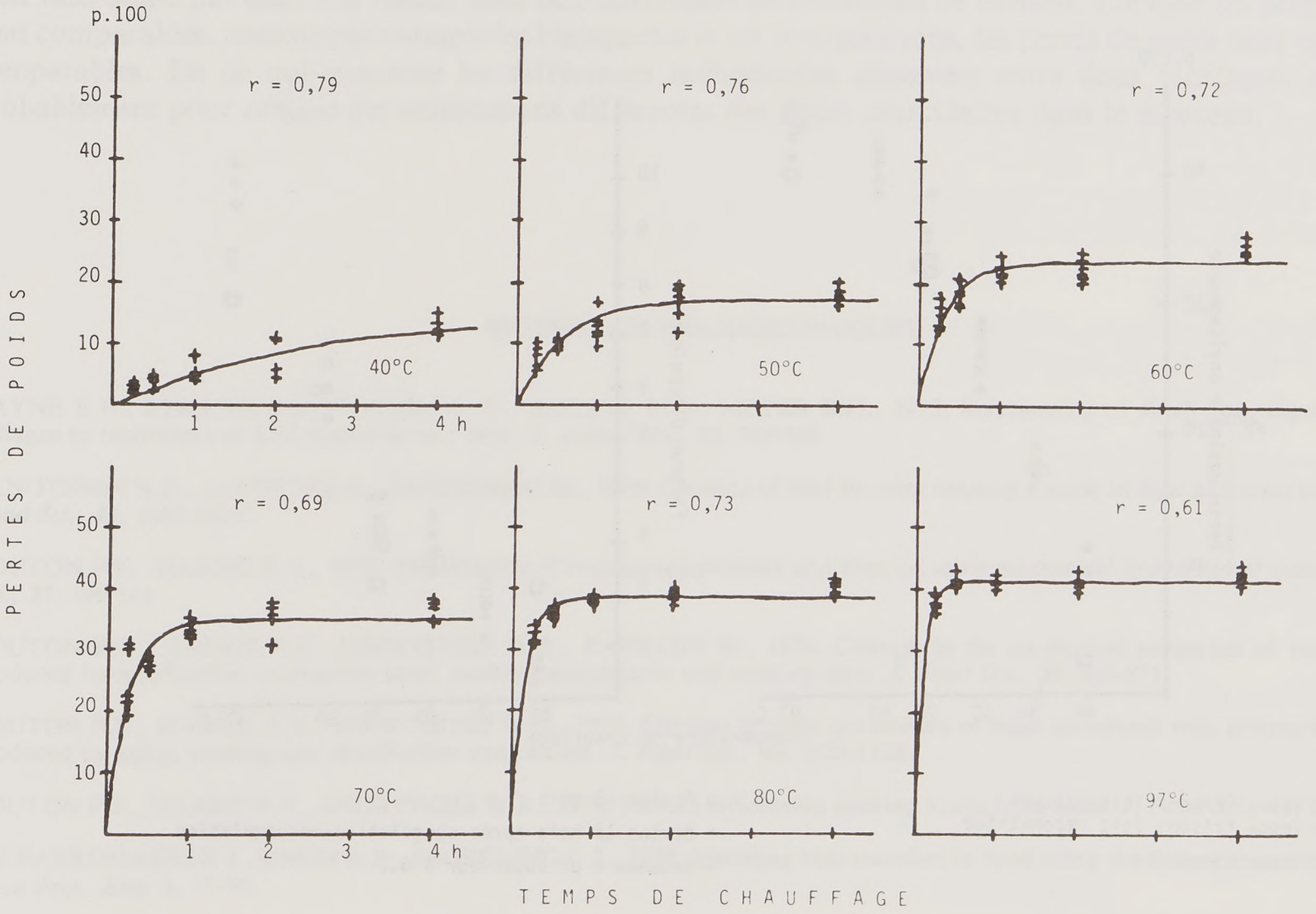
Cette courbe passe par $P = 0$ pour $t = 0$ et a pour asymptote $P = A$ lorsque t augmente

FIGURE 1 : PERTES DE POIDS A LA CUISSON EN FONCTION DE LA LONGUEUR DE L'ECHANTILLON DANS LE SENS DES FIBRES.



★ : frais
● : viande ayant subie un cycle congélation-décongélation.
Courbes tracées d'après les résultats de LOCKER et DAINES (1974 a).

FIGURE 2 : EXEMPLES DE CINETIQUES DE PERTES DE POIDS : VEAUX LIMOUSINS, AJUSTEMENT AU MODELE "RESERVOIR".



- A correspond donc à la perte maximale envisageable à la température considérée, ce paramètre doit être relié à la déliaison du jus.

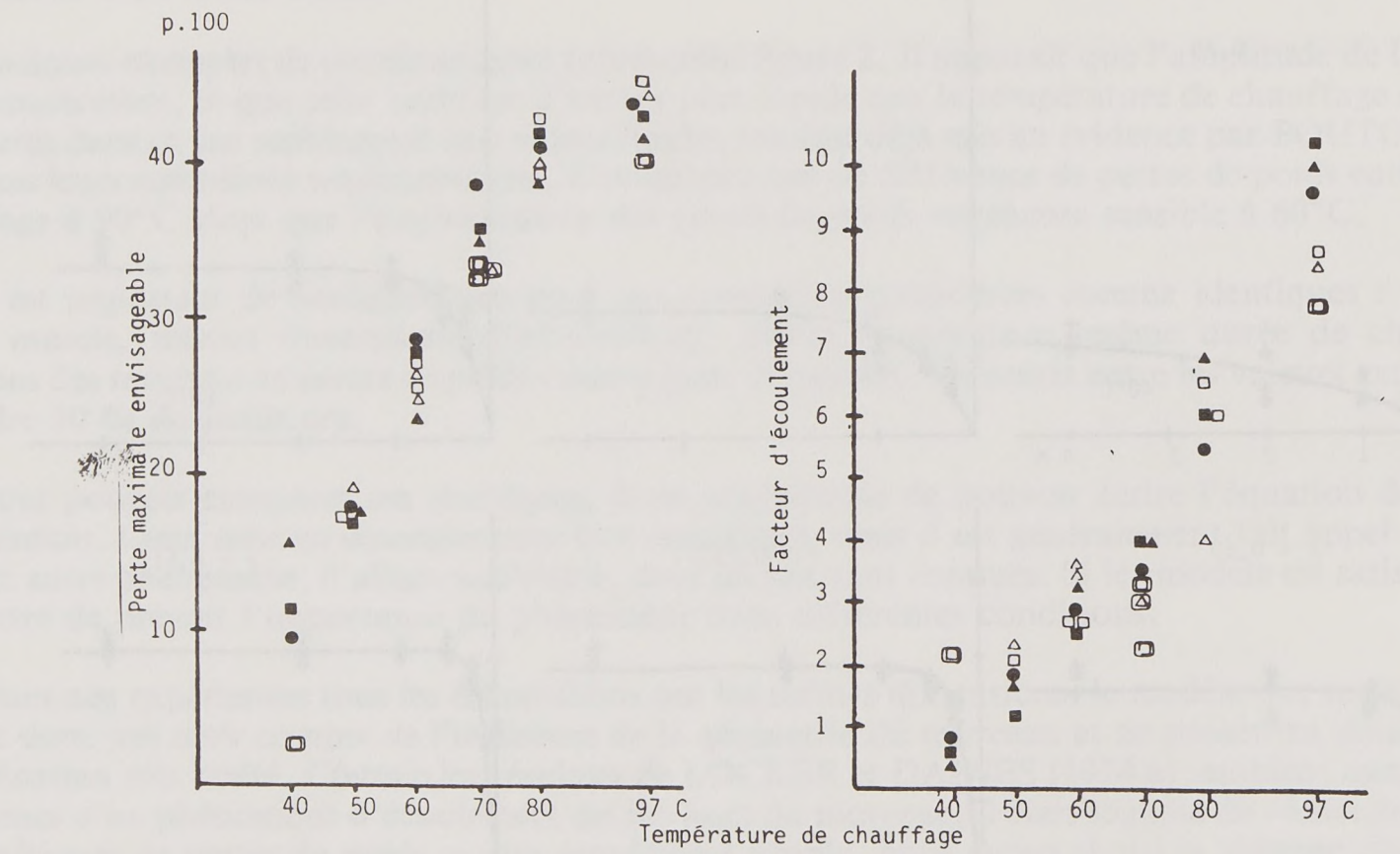
- B représente un facteur d'écoulement du jus hors du morceau, dépendant notamment de la température et des dimensions du morceau, paramètre que nous ne pouvons pas expliciter actuellement.

Ce modèle est très simple et ne s'applique qu'aux cinétiques de pertes de poids à températures constantes et les valeurs des paramètres obtenus correspondent à une géométrie déterminée. Nous ne disposons pas pour l'instant des éléments permettant l'élaboration d'un modèle plus complet. Nous pouvons, à partir des points expérimentaux, calculer les valeurs des paramètres A et B de l'équation retenue et calculer le coefficient de corrélation entre ces points et la courbe calculée. La « moyenne » des coefficients de corrélation obtenus est d'environ 0,8 avec, comme valeurs extrêmes, 0,41 lorsque la perte s'effectue pratiquement totalement pendant le premier quart d'heure (période que nous ne pouvons pas explorer compte tenu du temps d'équilibre thermique), et 0,92 lorsque les pertes sont très progressives.

Nous pouvons donc maintenant caractériser les cinétiques de pertes de poids par deux paramètres, calculés à partir des points expérimentaux, la perte maximale envisageable A et le facteur d'écoulement B. Si nous comparons les valeurs des coefficients A et B pour chaque série d'échantillons (figure 3), il n'apparait aucune différence nette en ce qui concerne les pertes de poids au chauffage suivant la race, l'alimentation, l'âge des animaux ou l'état décongelé ou non, sauf peut-être pour le facteur d'écoulement à 97°C.

Il faut noter que les valeurs des paramètres obtenus pour les animaux à pH élevés (testés à 40, 70 et 97°C) se distinguent de celles obtenues avec les animaux à pH normaux. Il faut souligner ici que la faible importance relative des pertes de poids à 40°C fait que le calcul des paramètres pour cette température est relativement imprécis. Il apparaît que l'élévation du pH entraine une diminution des pertes de poids, ce qui correspond à un résultat souvent observé.

FIGURE 3 : EVOLUTION DES PARAMETRES CARACTERISANT LES CINETIQUES DE PERTES DE POIDS DES MUSCLES PECTORALIS PROFUNDUS DE BOVINS.



La dispersion des valeurs obtenues avec l'ensemble des muscles pour le paramètre perte maximale envisageable est du même ordre de grandeur que celle observée pour une température, une durée de chauffage et un muscle donné. Il se confirme donc que les deux facteurs principaux déterminant les pertes de poids pendant le chauffage de la viande sont la température et la durée du traitement. A côté de ces deux facteurs principaux, une élévation du pH peut entrainer une diminution des pertes de poids. Il apparaît que la variabilité intra-muscle est importante (jusqu'à 10 % du poids frais), ce qui semble indiquer que d'autres facteurs interviennent mais nous ne disposons actuellement d'aucune hypothèse pour expliquer ces variations.

CONCLUSION

Si un nombre très important de résultats font mention de pertes de poids pendant le chauffage de la viande, les conditions dans lesquelles ils sont obtenus n'étant pratiquement jamais précisées, ils sont souvent contradictoires et inexploitables. Malgré l'importance pratique de ces problèmes, très peu de travaux leur sont consacrés.

A côté de l'influence importante sur les pertes de poids des dimensions des morceaux et du sens des fibres musculaires comme l'ont montré LOCKER et DAINES (1974 a) et BOUTON et al. (1976), nous avons pu mettre en évidence, par une modélisation simplifiée de résultats obtenus avec des échantillons présentant tous la même géométrie, que la température et la durée du chauffage ont beaucoup plus d'influence sur la perte de poids au chauffage que la race, l'alimentation, l'âge, ou le fait que les échantillons aient subi préalablement un cycle de congélation-décongélation, paramètres dont l'importance est comparable à la variabilité à l'intérieur d'un même muscle.

Nous n'observons pas de différence marquée de pertes de poids entre la viande de veau et la viande de bovins âgés de 18 mois, résultat qui peut paraître en opposition avec les constatations habituellement faites par les ménagères. Nous avons étudié les pertes de poids pendant des chauffages à température constante ; ces conditions sont très différentes de celles utilisées pour la cuisson des rôtis, nous pouvons cependant en conclure que les pertes de poids plus importantes observées avec les rôtis de veau qu'avec les rôtis de boeuf ne sont sans doute pas dues à la viande mais aux différences de conditions de cuisson. Lorsque les préparations sont comparables, comme par exemple les blanquettes et les bourguignons, les pertes de poids sont également comparables. En ce qui concerne les différences individuelles observées entre deux escalopes, elles ont probablement pour origine des orientations différentes des fibres musculaires dans le morceau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAYNE B.H., STRAWN S.S., HUTTON C.W., BACKUS W.R., MEYER B.H., 1972. Relationship of alkali and ringer insoluble collagen to tendreness of beef heated at two rates. *J. animal Sci.,* **33**, 958-962

BENGTSSON N.E., JAKOBSON B., DAGERSKOG M., 1976. Cooking of beef by oven roasting a study of heat and mass transfert, *J. Food Sci.,* **41**, 1047-1053.

BOUTON P.E., HARRIS P.V., 1972. The effectifs of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *J. Food Sci.,* **37**, 140-144.

BOUTON P.E., HARRIS P.V., SHORTHOSE W.R., RATCLIFF D., 1974. Changes in the mechanical properties of veal muscles produced by myofibrillar contraction state, cooking température and cooking time. *J. Food Sci.,* **39**, 869-875.

BOUTON P.E., HARRIS P.V., SHORTHOSE W.R., 1975. Changes in shear parameters of meat associated with structural changes produced by aging, cooking and myofibrillar contraction. *J. Food Sci.,* **40**, 1122-1126.

BOUTON P.E., HARRIS P.V., SHORTHOSE W.R., 1976. Factors influencing cooking losses from meat. *J. Food Sci.,* **41**, 1092-1095.

DE BAERDMAEKER J.,SINGH R.P., SEGERLIND L.J., 1978. Modeling heat transfert in food using the finite-element method. *J. Food Proc. Eng.* **1**, 37-50.

LAROCHE M., 1978. Facteurs influençant les pertes d'eau pendant la cuisson de la viande. *Ann. Technol., Agric.*. **28**, (4) 849-871.

DAVEY C.L., GILBERT K.V., 1975. Cold shortening and cooking changes in beef. *J. Sci., Fd. Agric.*, **26**, 761-767.

LOCKER R.H., DAINES J.D., 1974, a. Effect of mode of cutting on cooking loss in beef. *J. Sci. FD. Agric.*, **25**, 939-946.

LOCKER R.H., DAINES G.J., 1974, b. Cooking loss in beef. The effect of cold shortening, searing and rates of heating ; time course and histology changes during cooking, *J. Sci. Fd. Agric.*, **25**, 1411-1418.

SCHMIDT J.G., KLINE E.A., PARRISH F.C., 1970, Effect of carcass maturity and internal temperature on bovine *Longissimus* attributes. *J. Animal Sci.*, **31**, 861-865.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 25-30

LA FLORE MICROBIENNE DES ENSILAGES

I - ECOLOGIE MICROBIENNE DES FOURRAGES VERTS ET DES ENSILAGES

Ph. GOUET, J.P. GIRARDEAU, Y. RIOU

Laboratoire de Microbiologie

Les fermentations, qui se produisent au cours de la conservation des fourrages par ensilage et qui doivent stabiliser la masse végétale, sont la manifestation d'une activité métabolique enzymatique et bactérienne intense qui se produit dès que le fourrage coupé est entassé et va se poursuivre durant plusieurs jours. La qualité de l'ensilage va dépendre de la vitesse et du degré d'acidification et, par là, des espèces qui composent la microflore et de la composition du substrat qui va assurer leur développement.

L'établissement de cette microflore est l'aboutissement d'une succession de phénomènes liés à la niche écologique particulièrement sélective que constitue le fourrage placé en anaérobiose. Il nous a semblé utile de faire le point sur ces aspects généralement peu et mal connus.

I - LA MICROFLORE DE L'HERBE SUR PIED

Contrairement à une opinion très répandue, la microflore du fourrage sur pied est totalement différente de celle du futur ensilage, laquelle sera dominée par des ''bactéries lactiques''. Quantitativement, la microflore de l'herbe oscille entre quelques centaines et quelques dizaines de milliers de germes par gramme. Elle varie avec l'espèce fourragère, les organes de la plante (feuilles, tiges, graines, fleurs), la saison, la pluviométrie, et le pâturage. Bien que certaines espèces (*Clostridium*) soient incontestablement d'origine tellurique (c'est à dire du sol), dans son ensemble la microflore de l'herbe n'est pas comparable à celle du sol. Elle tend à augmenter avec la maturité de la plante sans que l'on sache s'il s'agit d'une multiplication des germes présents ou d'un apport dû au vent et aux poussières, celles-ci augmentant pendant la période sèche de l'été. Des variations qualitatives et quantitatives considérables ont pu être enregistrées sans qu'aucune corrélation n'ait pu être établie entre elles (KROULIK et col 1965).

Les opérations de récolte et de transport au silo augmentent sensiblement le nombre de bactéries sans que l'on constate la prédominance d'une espèce particulière. Les moisissures et les levures ont cependant tendance à se multiplier rapidement.

Au plan qualitatif, les espèces dominantes de l'herbe sont toujours aérobies stricts : *Flavobacterium, Pseudomonas, Achromobacter.* Les coliformes (*E. coli, Enterobacter, Klebsiella*), présents à tout instant dans le sol sont rares sur le feuillage sauf dans le cas des prairies pâturées où ils sont apportés par les déjections animales. Ces genres ou espèces ont un métabolisme respiratoire, produisent beaucoup de gaz carbonique, et un peu d'acide acétique. Elles sont toutes très sensibles à l'acidité et, coliformes exceptés, ont besoin d'oxygène.

Curieusement, alors que l'ensilage donne lieu à une fermentation lactique due à la multiplication de lactobacilles et de coques (*Pediococcus et Streptococus faecalis*), les auteurs s'entendent pour reconnaître l'extrême rareté de ces espèces sur l'herbe : à partir de 155 échantillons analysés KROULIK et al. (1965) n'isolent aucun ''lactique'' sur 106, moins de 10 sur 34, de II à 100 sur 8 et de 100 à 300 sur 7 échantillons. STIRLING (1953) confirme ces résultats et note que les espèces isolées sont très souvent atypiques. Les échantillons de prairie fraîchement pâturée renferment tous des Lactobacilles mais ceux-ci disparaissent avec le temps et appartiennent à des espèces tout à fait différentes de celles des ensilages.

Les sporulés anaérobies (genre *Clostridium*) sont **toujours** présents dans l'herbe sur pied, en nombres assez limités mais très supérieurs à ceux des Lactobacilles. Ils résident exclusivement sous forme de spores et leurs nombres peuvent être considérablement augmentés par les déjections animales et en particulier par les épandages de lisiers (GOUET et al. 1972).

La flore fongique (levure, moisissure) est toujours présente. En définitive, la microflore de l'herbe sur pied se caractérise par une population très hétérogène, même si quelques espèces se retrouvent toujours, d'importance numérique variable et par un groupe lactique particulièrement rare.

II - ESPECES BACTERIENNES APPARAISSANT AU COURS DE LA CONFECTION DU SILO

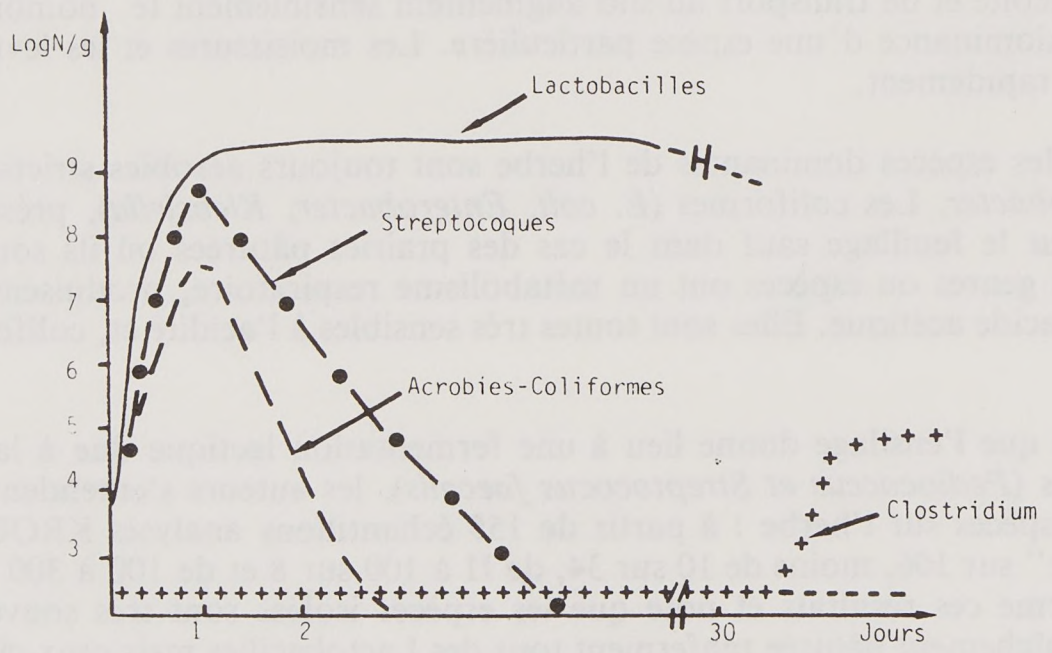
Cette etape n'a pas fait l'objet d'études approfondies. Pourtant il s'avère que la microflore est différente de celle du fourrage sur pied en raison de la pollution extrêmement variable apportée par les instruments de récolte et de transport et aussi par la terre des tracteurs et remorques allant et venant du silo aux champs. Le nombre total de bactéries augmente très nettement pour atteindre plusieurs centaines de milliers, voire plusieurs millions par gramme. On retrouve bien entendu les espèces précédentes mais le nombre de *Clostridium* et de Coliformes est beaucoup plus important et le groupe des ''lactiques'' est alors toujours présent (100 à 1.000/g parfois plus). Pour STIRLING (1963) les niches écologiques, sources de bactéries lactiques, seraient les instruments de récolte où stagneraient le fourrage vert et les jus. Il va de soi que cette contamination est extrêmement aléatoire selon la configuration du terrain, l'«essuyage» des remorques, ou selon qu'il s'agit d'un silo-couloir largement ''piétiné'' ou d'un silo-tour exempt de ce dernier traitement.

III - DEVELOPPEMENT DE LA MICROFLORE DANS LES ENSILAGES (figure I)

Evolution quantitative

Dans une première étape assez brève (12 à 24 h), toutes les espèces présentes sur la plante fraîche prolifèrent (GOUET et al. 1972). L'augmentation de la température même faible, l'humidité résultant de la plasmolyse et de la respiration, la libération de nutriments rapidement fermentescibles, l'anaérobiose encore insuffisante, le pH voisin de la neutralité, créent un milieu favorable au développement des bactéries présentes à l'origine, aérobies strictes et anaérobies facultatives.

FIGURE 1 : EVOLUTION CINETIQUE DES PRINCIPAUX GROUPES BACTERIENS DANS LES ENSILAGES.



Les bactéries aérobies chromogènes (*Flavobacterium*) disparaissent les premières vers le 2ème jour, alors que les coliformes peuvent augmenter jusque vers la fin de la 1ère semaine, si le pH ne s'abaisse pas suffisamment vite, puis disparaissent ensuite.

Simultanément, les Streptocoques et les Lactobacilles se multiplient pendant les 2 à 6 premiers jours pour atteindre des centaines de millions dans les fourrages pauvres en glucides et fréquemment plusieurs milliards par gramme dans les fourrages riches et cela, quelle que soit l'orientation fermentaire future, bonne ou mauvaise. Les Streptocoques vont disparaître en quelques jours sous l'effet de l'abaissement du pH alors que les Lactobacilles vont décroître très lentement (LANGSTON et col. 1960, GOUET et col. 1965, BOUSSET et al. 1972).

Les *Clostridium* peuvent ne jamais se développer, tout comme ils le peuvent après quelques heures, quelques jours ou quelques semaines. Un pH de 4 ou un taux de matière sèche élevé, assorti d'un fort tassage, sont les meilleurs moyens de prévenir leur multiplication. Cette prévention devient toutefois très difficile, sinon impossible, lorsque la pollution par la terre est importante.

Principales espèces bactériennes des ensilages et métabolisme fermentaire.

Des 3 groupes figurant dans le tableau I, les deux derniers sont particulièrement nuisibles. En effet, le groupe des aérobies stricts (groupe II) métabolise les glucides en acide acétique et en CO_2 tout comme la respiration de la plante. Ceci entraîne un gaspillage de glucides qui sont soustraits à l'acidification lactique et diminue la valeur nutritive de l'ensilage. Quant aux anaérobies stricts sporulés (groupe III) *C. butyricum* et *C. tyrobutyricum,* ils métabolisent l'acide lactique déjà formé :

$$2 \text{ acide lactique} \longrightarrow \text{I acide butyrique} + 2\,CO_2 + 2\,H_2$$

entraînant une remontée du pH qui favorise de surcroît le développement des *Clostridium sporogenes* et *C. perfringens,* espèces fortement protéolytiques et productrices d'ammoniac. Leur multiplication diminue considérablement la valeur nutritive et l'efficacité azotée des ensilages auxquelles s'ajoutent les répercussions sur la fabrication des fromages à pâtes cuites.

Le seul groupe bactérien utile de l'ensilage est celui que nous avons appelé ''lactique'' (groupe I) car il fermente les glucides simples presque exclusivement en acide lactique. Il comprend 2 sous-groupes : les homofermentaires (*L. plantarum, L. casei, L. coryniformis*) et les hétérofermentaires (*L. brevis*).

a) Le premier est particulièrement intéressant car dans les conditions anaérobies qui sont celles de l'ensilage (WHITTENBURRY et al. 1967) le ''rendement'' de la fermentation du glucose et du fructose (principaux glucides solubles des fourrages) est de 2 moles d'acide lactique pour 1 mole de glucose, sans aucune perte :

$$\text{I glucose} \longrightarrow \text{2 acide lactique}$$
$$\text{I fructose} \longrightarrow \text{2 acide lactique}$$
$$\text{I pentose} \longrightarrow \text{I acide lactique} + \text{I acide acétique}$$

b) La fermentation des mêmes glucides par le sous-groupe des hétérofermentaires (*L. brevis*) dominant dans l'ensilage, se fait différemment avec production d'acide acétique, facteur d'inappétence, et production de CO_2 qui traduit un gaspillage de glucides :

$$\text{I glucose} \longrightarrow \text{I acide lactique} + \text{I éthanol} + \text{I } CO_2$$
$$\text{3 fructose} \longrightarrow \text{I acide lactique} + \text{2 mannitol} + \text{I acide acétique} + \text{I } CO_2$$
$$\text{I pentose} \longrightarrow \text{I acide lactique} + \text{I acide acétique}$$

L'abaissement du pH est évidemment plus rapide et plus important avec les homofermentaires puisqu'il se produit de l'acide lactique en concentrations plus élevées.

TABLEAU I : PRINCIPALES ESPECES BACTERIENNES SE DEVELOPPANT DANS LES ENSILAGES.

GROUPES				
I. à métabolisme lactique dominant	Lactobacillus	Homofermentaires	L. plantarum L. casei L. coryniformis	Acide lactique très acidifiant (pH 3,7 - 4,0)
		Hétérofermentaires	L. brevis	Acide lactique Acide acétique CO_2 + Méthanol Acidifiant (pH 4,1 - 4,3)
	Coccus		Pediococcus	Acide lactique (pH 3,8 - 4,0)
			Streptococcus faecalis	Acide lactique (pH 4,8 - 5,0)
II. à métabolisme aérobie strict, producteurs de gaz	Flavobacterium Pseudomonas Coliformes			CO_2 + Acide acétique sensibles aux pH acides et à l'anaérobiose
	fermentant le lactate		Clostridium tyrobutyricum Clostridium butyricum	lactate → butyrate + CO_2 + H_2 spores très résistantes aux agents physico-chimiques ; cellules végétatives sensibles à l'acidité.
III. des anaérobies stricts sporulés	protéolytiques et putréfiant		Clostridium sporogenes Clostridium perfringens	ne fermentent pas le lactate. Protéolytiques → aminés NH_3, H_2S, acide acétique cellules végétatives sensibles à l'acidité.

Le type de glucide présent dans la plante (glucose et fructose principalement) a aussi de l'importance car les hétérofermentaires ne fermentent pas le glucose et le fructose par la même voie. A partir de ce dernier, le rendement en acide lactique est donc bien inférieur à celui du glucose et, par voie de conséquence, l'efficacité de la fermentation est très inférieure à celle des bactéries lactiques homofermentaires.

La démonstration *in situ* a été apportée par BOUSSET et col. (1972) qui ont inoculé avec des souches pures, des ensilages préalablement stérilisés par irradiation (tabl. 2). Ainsi avec *L. brevis* (hétérofermentaire), le pH est systématiquement plus élevé, les concentrations en acide acétique 3 à 4 fois plus fortes et les pertes de matière sèche 5 à 10 fois plus importantes.

A côté des glucides, il existe dans les fourrages et particulièrement dans les légumineuses, des acides organiques (acides citrique et malique) qui contribuent pour WHITTENBURRY et col. (1967) à augmenter le pouvoir tampon. Ce fait, allié chez les légumineuses à une faible concentration en glucides fermentescibles et une forte concentration en matières azotées, explique les difficultés rencontrées pour ensiler ces espèces fourragères. Enfin les bactéries lactiques, qu'elles soient homo ou hétérofermentaires, utilisent le malate et le citrate par différentes voies métaboliques donnant principalement de l'acide acétique, du CO_2 et peu d'acide lactique. Ceci explique que les concentrations en acide acétique dans la luzerne soient généralement élevées.

TABLEAU 2 : PH, METABOLITES FERMENTAIRES ET PERTES DE M.S. PRODUITES PAR DES ESPECES HOMOFERMENTAIRES (*L. Plantarum et L. Coryniformis*) ET HETEROFERMENTAIRES (*L. Brevis*) DANS DES ENSILAGES MONOXENIQUES DE LUZERNE, FETUQUE, RAY GRASS (BOUSSET et Col., 1972).
- en p.100 de la M.S. corrigée -

		L. plantarum	L. Coryniformis	L. brevis	Enterobacter
Luzerne	pH	4,10	4,20	4,50	5,40
	Ac. lactique*	11,2	9,2	7,7	0,9
	Ac. acétique*	0,66	0,47	2,33	2,24
	Alcools	0,48	0,55	2,60	1,54
	Pertes de MS	0,5	0,5	5	4,5
Fétuque	pH	4,30	4,40	4,60	5,60
	Ac. lactique*	12,10	10,6	4,7	0,75
	Ac. acétique*	1,2	0,6	3,9	0,77
	Alcools	0,1	0,1	2,6	1,20
	Pertes de MS	0,5	0,5	8,5	7,7
Ray grass	pH	3,8	3,75	4,10	5,30
	Ac. lactique	12,10	10,25	8,95	0,42
	Ac. acétique	0,56	0,44	2,50	1,30
	Alcools	0,1	0,2	1,7	3,2
	Pertes de MS	1	1	5	22,0

CONCLUSION

A leur récolte, les fourrages possèdent en arrivant dans le silo des microflores très variées quant aux espèces bactériennes les constituant. Le nombre total de bactéries peut être élevé sauf pour les lactiques dont le nombre est presque toujours extrêmement réduit. Les compositions biochimiques des différentes espèces fourragères qui constituent les substrats du développement bactérien, sont aussi très variées. Les résultats rapportés précédemment montrent qu'un ensilage de qualité (pH $\leqslant$ 4, acide acétique : 2 à 2,5 %, pas d'acide butyrique) peut être obtenu avec des pertes gazeuses minimes si l'on stimule la fermentation homolactique et que l'on inhibe le plus possible la fermentation hétérolactique. Les techniques qui consistent à acidifier la masse végétale avec des acides minéraux ou organiques, créent un milieu sélectif pour réduire la production des bactéries du groupe III et au contraire favoriser celle des bactéries lactiques (groupe I : homofermentaires **aussi bien** qu'hétérofermentaires) par inhibition compétitive. De plus, leurs qualités bactériostatiques ralentissent le développement des ''lactiques'' et diminuent l'intensité des fermentations. Une autre voie consiste à inoculer massivement des bactéries lactiques homofermentaires, ce qui permet d'inhiber les bactéries nuisibles par une acidification accélérée et de réduire le développement des hétérofermentaires.

Nous verrons dans la partie II de cet article (Bulletin n° 37) comment il est possible par inoculation de rendre les lactiques homofermentaires dominants dans l'ensilage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GOUET Ph., CONTREPOIS M., CORROT G., 1972. *Le lait,* III, 5/5.

KROULIK J.T., BURKEY L.A., WISEMAN H.G., 1955. *J. of Dairy Sci.* **38,** 256.

STIRLING A.C., 1953. *Proc. Soc. Appl. Bact.* **16,** 27.

STIRLING A.C., WHITTENBURRY R., 1963. *J. Appl. Bact.* **26,** 86.

LANGSTON C.W., BOUMA Cecelia, 1960. *J. of Dairy Sc.* XLIII, **II,** 1575.

GOUET Ph., FATIANOFF Nathalie, ZELTER SZ, DURAND Michèle, CHEVALIER R., 1965. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.,* **5, 79.**

WHITTENBURRY R., Mc DONALD P., BRYAN Jones, 1967. *J. Sci. FD. Agric.* **18,** 441.

BOUSSET J., BOUSSET-FATIANOFF Nathalie, GOUET PH., CONTREPOIS M., 1972. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* **12,** (3), 453.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 31-42.

INTERET AGRONOMIQUE ET NUTRITIONNEL DU TRITICALE

M. VERMOREL et M. BERNARD*

Laboratoire d'Etude du Métabolisme Energétique

** Station d'Amélioration des Plantes, C.R.A. Clermont-Ferrand*

Le Triticale est la seule céréale créée par l'Homme ; il a été obtenu par croisement du Blé (*Triticum*) et du seigle (*Secale*). La première synthèse remonte à 1891 ; les recherches qui ont été poursuivies ensuite dans différents pays ont visé à combiner judicieusement les chromosomes du Blé tendre et du Seigle et à en doubler le nombre (Triticale octoploïde, 2 n = 56) pour rendre l'hybride fertile. Les travaux réalisés depuis 1950 ont abouti à la création de Triticales hexaploïdes (2 n = 42), stables du point de vue génétique et intéressants du point de vue agronomique.

L'idée du croisement du Blé et du Seigle n'est donc pas récente. Elle correspond au désir d'associer les qualités des deux céréales pour obtenir un Blé qui aurait incorporé dans son patrimoine héréditaire les qualités du Seigle (résistance aux aléas climatiques et culturaux) sans rien perdre des siennes. En France, les recherches ont été conduites par Madame CAUDERON et M. BERNARD de la Station d'Amélioration des Plantes de l'INRA à Clermont-Ferrand. Depuis un an ou deux le Triticale commence à être cultivé en France ; cette année et l'an prochain les premières ''variétés'' vont être commercialisées. Il est donc important de préciser l'intérêt agronomique et la valeur nutritive du Triticale par rapport à ceux des autres céréales.

INTERET AGRONOMIQUE DU TRITICALE

Les génotypes sélectionnés actuellement à l'INRA, ainsi que ceux obtenus dans un certain nombre d'autres pays, principalement d'Europe de l'Est, et les formes les plus récentes du CIMMYT* sont des plantes extrêmement vigoureuses en végétation, à tiges de fort diamètre, à feuilles larges, à épi long et aristé (de l'ordre de 10 à 15 cm), à taille relativement élevée (environ 1,20 m). Ces Triticales possèdent généralement le jeu complet des chromosomes du Seigle. Il existe d'autres types de Triticale, morphologiquement plus proches du Blé, moins vigoureux, à épi plus petit (7 à 10 cm) ; ces types, qui correspondent aux premières formes sélectionnées au CIMMYT, ne possèdent pas le jeu complet des chromosomes du Seigle. Sur le plan des composantes du rendement, ces deux grands types de Triticale se différencient notablement (tableau 1).

C'est probablement en France qu'existent actuellement les variétés de Triticale présentant les meilleures performances par rapport à celles du Blé, de l'Orge et du Seigle. La productivité est au moins égale à celle des variétés de Blé les plus productives (BERNARD, 1978). Les résultats des essais multilocaux réalisés en grandes parcelles par l'INRA et l'ITCF en 1978 montrent que les rendements obtenus avec le Triticale sont comparables à ceux du Seigle (de l'ordre de 60 q de MS/ha) et supérieurs à ceux du Blé (56 q/ha dans les essais ITCF, 54 dans les essais INRA - tableau 2). Des rendements de pointe de 90 q/ha ont même été obtenus (Puy-de-Dôme, Allier), ce qui illustre le très haut potentiel de productivité de cette nouvelle céréale.

De plus, le Triticale, comme le Seigle, semble généralement moins sensible aux aléas des conditions de culture que le Blé ; il est plus stable sur le plan du rendement (BERNARD, 1978). En 1977, dans des conditions de culture difficiles, sa productivité a été supérieure de 30 p.100 environ (11 q/ha) à celle du Blé. Le comportement agronomique observé est d'ailleurs lié à la composition génomique : là aussi, le Triticale possédant le jeu complet des chromosomes du Seigle présente une souplesse d'adaptation qui l'apparente à cette espèce, alors que l'autre type a un comportement plus voisin de celui du Blé et semble plus sensible aux perturbations de milieu. Ceci est perceptible au niveau de l'analyse des intéractions génotype × milieu dans les essais multilocaux.

* CIMMYT : Centro International de Mejoramiento de Maiz y Trigo (Mexico).

TABLEAU 1 : COMPOSANTES DU RENDEMENT CHEZ LE BLE, LE SEIGLE ET LE TRITICALE (MOYENNES 90 PLANTES)

	Blé	Triticale "CIMMYT"	Triticale "INRA"	Seigle
Nombre d'épillets par épi	18	19	34	34
Fertilité moyenne par épillet	2,2	1,8	2	1,8
Nombre de grains par épi	40	36	67	60
Poids de 1000 grains (g)	47	54	59	37
Production totale par plante (g)	2,3	2,6	4,1	2,5
Peuplement en épis (optimal)	600 à 800	500 à 600	400 à 500	500

TABLEAU 2 : COMPARAISON DU BLÉ, DU SEIGLE ET DU TRITICALE : RÉSULTATS DE PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE (QUINTAUX PAR HA) OBTENUS LORS DES ESSAIS MULTILOCAUX 1978 RÉALISÉS EN GRANDES PARCELLES

(Moyennes de 3 cultivars par espèce = Blé : Clément, Maris Huntsman, Hardi ; Seigle : Beaulieu, Petkus, Dominant ; Triticale : 3 lignées INRA)

BLE	SEIGLE	TRITICALE
67,7	61,9	62,2
54,5	59,4	61,1
57,8	67,7	60,8
58,9	67,3	67,5
62,4	52,9	63,2
40,1	42,4	48,8
69,3	73,5	82,3
66,1	74,7	71,9
79,9	74,8	78,8
39,9	44,6	41,1
24,3	36,4	31,6
55	54,8	53,3
52,1	73,5	63,6
55,1	45,1	49,6
55,9	59,2	59,7

Pour ce qui concerne les caractères du grain, le Triticale présente également une grande variation de forme : généralement, il ressemble à un gros grain de Seigle (elliptique), mais a la couleur du grain de Blé. Il est également le plus souvent ridé (comme ''échaudé''), ce qui serai dû à l'existence d'une forte activité alpha-amylasique qui détruit l'amidon au cours de la maturation du grain. Cette activité semble liée à l'existence d'une fraction importante de protéines solubles dans le grain. Elle est donc d'origine génétique et ne semble pouvoir être corrigée que par sélection et modification appropriée des apports respectifs des génomes du Blé et du Seigle.

Par ailleurs, l'utilisation du Triticale en panification semble très limitée en France, tout du moins avec les variétés actuelles (TSEN, 1974). En effet, le Triticale présente à peu près les mêmes inconvénients que le Seigle et il faut donc prévoir son utilisation essentiellement en alimentation animale. Nous allons examiner les facteurs qui déterminent sa valeur nutritive et les principaux résultats obtenus chez le Porc, la Volaille et les Ruminants. En raison de la variabilité de la composition du Triticale, nous rapporterons en priorité les résultats obtenus sur le matériel produit en France.

COMPOSITION CHIMIQUE DU TRITICALE

Matières azotées : La teneur en matières azotées (N × 6,25) et, plus précisément, l'apport d'acides aminés indispensables constituent des facteurs très importants de la valeur nutritive des céréales. Dans le cas du Triticale, la teneur en matières azotées est très variable (de 10 à 23 p.100 de la matière sèche) selon l'origine génétique, les conditions culturales et la productivité. En effet, comme pour les autres céréales, elle diminue lorsque la quantité de matière sèche produite à l'hectare augmente mais la production de matières azotées augmente avec le rendement. Pour la récolte 1978, la teneur en matières azotées des variétés françaises de Triticale a été comprise entre 11 et 15 p.100 de la matière sèche, pour un rendement moyen de 60 quintaux de matière sèche par hectare (BERNARD, 1978). Cette teneur est comparable à celle des blés et supérieure à celle des seigles pour la récolte 1978. Ces résultats sont confirmés par les données de GUILLAUME (1978) obtenues pour les céréales françaises examinées sur 3 années (tableau 4). La production de matières azotées par ha est donc largement en faveur du Triticale, de l'ordre de + 20 p.100 par rapport au Blé et au Seigle (tableau 3).

La composition des protéines du Triticale est intermédiaire entre celles du Blé et du Seigle (tableau 5). Les protéines du Triticale sont plus riches que celles du Blé en albumines et globulines ; ces protéines cytoplasmiques sont situées dans l'embryon et les parties périphériques du grain et sont bien équilibrées en acides aminés indispensables. En revanche, les proportions de gliadines et de glutélines, protéines de réserve situées dans l'albumen, sont plus faibles que dans le Blé (BUSHUK, 1974). Or, les gliadines sont pauvres en acides aminés indispensables et les glutélines ont une composition intermédiaire entre celle des albumines et celle des gliadines (PION et FAUCONNEAU, 1969).

Ces modifications dans les proportions des protéines du grain se traduisent par des différences de composition en acides aminés des protéines (tableau 6). La composition du Triticale est très voisine de celle du Seigle, sauf pour la valine. A teneurs en matières azotées égales, le Triticale est plus riche que le Blé en lysine (+ 20 p.100 environ) et en arginine, comparable pour les teneurs en thréonine, en acides aminés soufrés (méthionine et cystine), en isoleucine, histidine, tyrosine et phénylalanine, mais un peu plus pauvre en tryptophane et en valine (VILLEGAS et al, 1970, 1974 ; BRAGG et SHARBY, 1970 ; BAILEY, 1975 ; PION, 1978). Compte-tenu de la différence de teneurs en matières azotées, l'apport d'acides aminés indispensables du Triticale est donc plus intéressant que celui des autres céréales pour l'alimentation des monogastriques (tableau 9). Par ailleurs, lorsque la teneur en protéines des céréales croît, les teneurs en lysine et en acides aminés soufrés (g/kg de grain) restent plus élevées dans le Triticale que dans le Blé (BERNARD, 1978).

TABLEAU 3 : COMPARAISON DU BLÉ, DU SEIGLE ET DU TRITICALE ; RÉSULTATS DES ESSAIS MULTILOCAUX 1977 POUR LE RENDEMENT (Q MS/HA), LA TENEUR EN MATIÈRES AZOTÉES DU GRAIN (N X 6,25 % MS) ET LA PRODUCTION DE MATIÈRES AZOTÉES (KG/HA)

BLE			SEIGLE			TRITICALE		
Rendement	Teneur MAT	Produc. MAT	Rendement	Teneur MAT	Produc. MAT	Rendement	Teneur MAT	Produc. MAT
22,3	13,4	299	35,2	10,9	384	28	14,4	403
60,6	11,2	679	59,1	9,7	573	60,9	11,2	682
32,9	13,2	434	53,1	10,8	573	49,2	12	590
51,6	13,7	707	55,7	11,4	635	48,1	14,9	717
33,7	14,2	478	51	11,6	592	32,3	14,8	478
19,7	16,7	329	47,1	10,4	490	46,1	14,4	664
50,9	11,4	580	52,5	9,3	488	57,6	11,4	657
62,8	14	879	66,4	9,4	624	68,5	12,9	884
30,9	13,4	414	53,8	10,2	549	56,4	12,1	682
40,6	13,4	533	52,6	10,4	545	49,7	13,1	640

TABLEAU 4 : COMPOSITION CHIMIQUE DES PRINCIPALES CEREALES FRANÇAISES (% DE LA MATIÈRE SÈCHE)

	AVOINE	ORGE	SEIGLE	TRITICALE	BLE	SORGHO	MAIS
Nombre de données	*	19	*	4	49	11	46
Matières azotées (N x 6,25)	12,1	13,0	10,4	15,2	14,2	13,8	10,8
Amidon	41	55,2	58	61,0	63,9	66,5	69,9
Sucres solubles	2,4	3,4	3,8	5,4	3,5	2,3	2,5
Extractif non azoté résiduel	24,0	17,7	20,9	11,3	11,1	9,1	8,0
Cellulose brute (Weende)	11,6	5,3	2,9	3,1	2,8	2,9	2,5
Matières grasses	5,7	2,9	2,0	1,8	2,5	3,7	5,0
Cendres	3,2	2,7	2,0	2,3	2,0	1,9	1,5

GUILLAUME (communication personnelle)

*Valeurs moyennes tirées de l'ouvrage "L'Alimentation des Ruminants, 1978". Les données relatives à l'amidon sont tirées de MERCIER, 1973 (Revue Française de Diététique, 66, 27-40)

TABLEAU 5 : COMPOSITION DES PROTEINES DU TRITICALE, DU BLE ET DU SEIGLE.

		TRITICALE		BLE (3)	SEIGLE (sur farine)
		Matériel primitif (1)	Matériel INRA (2)		
Protéines totales		16,3	12,55	12,4	11
p.100 de la matière sèche	Protéines solubles	5,83	4,34	3,3	
	Gliadines	5,96	4,02	4,5	
	Glutélines	4,48	4,20	4,6	
p.100 des protéines totales	Protéines solubles	35,85	34,67	26,8	53
	Gliadines	36,81	31,8	36,2	28
	Glutélines	27,48	33,5	37	19
Glutélines/Gliadines		0,74	1,08	1,02	0,68

(1) 37 génotypes, dont les rendements vont de 10 à 50 quintaux par ha (1971)

(2) 52 lignées, dont les rendements vont de 55 à 80 quintaux par ha (1975)

(3) 10 lignées, dont les rendements vont de 50 à 70 quintaux par ha (1975)

TABLEAU 6 : TENEURS EN ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES ET SEMI-INDISPENSABLES DES PRINCIPALES CÉRÉALES

	g pour 16 g d'azote					
CEREALES	AVOINE	ORGE	SEIGLE	TRITICALE	BLE	MAIS
(N x 6,25) % de la MS	10,6	11,7	11,5	13,5	13,0	10,6
LYSINE	4,15	3,5	3,6	3,4	2,8	2,6
THREONINE	3,7	3,3	3,4	3,0	3,0	3,5
METHIONINE + CYSTINE	5,0	4,0	4,5	4,4	4,4	4,8
TRYPTOPHANE	1,25	1,1	1,0	1,0	1,1	0,65
ARGININE	6,45	4,9	5,5	5,5	4,9	4,65
HISTIDINE	2,15	2,15	2,4	2,3	2,3	2,9
ISOLEUCINE	4,3	3,75	3,7	3,6	3,7	3,45
VALINE	5,75	5,15	5,0	4,1	4,5	4,8
TYROSINE	3,85	3,4	2,9	3,0	3,1	4,55
PHENYLALANINE	5,25	5,4	4,7	4,7	4,6	5,0

Valeurs moyennes tirées des données de VILLEGAS et al (1970) - POPPE et al (1973) - PION (1977) et BERNARD (1978)

Glucides : La composition glucidique des céréales détermine leur valeur énergétique. Les analyses effectuées sur les principales céréales françaises montrent que la teneur en cellulose brute du Triticale est légèrement supérieure à celle du Blé, du Seigle et du Sorgho mais très inférieure à celle de l'Orge (GUILLAUME, 1978 ; tableau 4). La teneur en amidon du Triticale est intermédiaire entre celles du Seigle et du Blé, inférieure à celles du Sorgho et du Maïs mais supérieure à celle de l'Orge. Les proportions d'amylose et d'amylopectine, ainsi que leurs poids moléculaires sont tout à fait comparables dans le Triticale, le Blé et le Seigle (D'APPOLONIA, 1974). La teneur en sucres solubles est plus élevée dans le Triticale que dans les autres céréales en raison probablement de la forte activité alpha-amylasique signalée précédemment ; cependant, l'ensemble des glucides très digestibles (amidon + sucres solubles) est comparable dans le Blé et dans le Triticale (67,4 et 66,4 p.100 respectivement). La teneur en extractif non azoté résiduel (pentosanes + une partie des hémicelluloses et de la lignine) est la même pour ces 2 céréales (tableau 4).

Matières grasses : Les variétés françaises de Triticale sont encore plus pauvres en matières grasses que les autres céréales (tableau 4) ; une telle différence n'a pas été retrouvée dans les variétés Américaines et Mexicaines (CHUNG et TSEN, 1974). La composition en acides gras des lipides est comparable à celle du Blé, avec 60 p.100 environ d'acide linoléique (LORENZ et MAGA, 1972).

Minéraux et vitamines : Les teneurs en minéraux du Triticale sont en général voisines de celles du Blé, avec quelques valeurs plus élevées cependant pour le calcium et le phosphore (KOZAK et TARKOWSKI, 1977). Enfin, la composition vitaminique du Triticale est équivalente à celle du Blé (excepté la teneur en niacine qui est plus faible) et meilleure que celle du Seigle (MICHELA et LORENZ, 1976).

Facteurs antinutritionnels : Comme les autres céréales, le Triticale contient quelques facteurs antinutritionnels (Cf. revue de HULSE et LAING, 1974). Les teneurs en résorcinols, responsables de la réduction d'appétibilité, et en facteurs antitrypsiques, responsables des diminutions de digestibilité, sont intermédiaires entre celles du Blé et du Seigle, mais plus proches de celles du Blé. L'aflatoxine ne semble pas poser de problème particulier dans le cas du Triticale. En revanche, la présence d'ergot (*Claviceps purpurea*), généralement observée sur des génotypes peu fertiles, dont les fleurs baillent longuement au moment de la floraison, peut réduire les performances des animaux, surtout celles des jeunes (poulets, porcelets, veaux après le sevrage). Il convient cependant de noter qu'une expérimentation récente a montré que les lignées INRA ne sont pas plus sensibles à ce parasite que les variétés classiques de Blé (GUILLAUMIN, BERNARD et ROUSSET, 1979).

VALEUR ALIMENTAIRE DU TRITICALE

La plupart des études ont été réalisées sur le Porc en croissance ou le Porcelet, sur le Poussin, le Poulet et la poule pondeuse ou sur le Rat en croissance utilisé comme animal expérimental. Les données sur Ruminants sont encore très limitées et peu précises. Pour interpréter les résultats, il faut tenir compte de l'hétérogénéité du matériel végétal et de la diversité des conditions expérimentales.

Appétibilité : Chez le Rat en croissance, l'appétibilité du Triticale constituant plus de 90 p.100 du régime, est égale à celle des autres céréales (KNIPFEL, 1969 ; VERMOREL, 1971 ; PION, 1977, VERMOREL, non publié). Les limites d'utilisation préconisées pour l'utilisation du Triticale dans l'alimentation du Porc semblent liées à la présence d'ergot (SHIMADA et al., 1974) ; en fait, on peut utiliser le Triticale sain comme seule céréale dans l'alimentation du Porc ou du Porcelet sans réduction des performances (ALLEE et HINES, 1972 ; SAUER et al, 1974 ; SHIMADA et al, 1971 ; CORNEJO et al, 1973 ; ERICKSON et al, 1978) (tableau 7). Le Triticale est également très bien consommé par la volaille et il peut constituer la seule céréale du régime chez le Poulet (BRAGG et SHARBY, 1970 ; GERRY, 1975) ou la Poule pondeuse (FERNANDEZ et al, 1973) ; CHOUDARY et NETKE, 1976 ; KIM et al, 1976).

Valeur énergétique : L'énergie brute du Triticale est très voisine, sinon égale à celle du Blé. Chez le Rat en croissance, la digestibilité apparente de l'énergie est égale à celle du Blé, supérieure à celles de l'Orge et du Seigle et légèrement inférieure à celle du Maïs (VERMOREL, 1971 ; SHIMADA et CLINE, 1974 ; PION, 1977 ; VERMOREL, non publié). La teneur en énergie métabolisable (EM) est égale à celle du Blé, voisine de celle du Maïs et supérieure à celles de l'Orge et du Seigle. L'utilisation de l'EM est excellente et l'énergie nette du Triticale est voisine de celles du Maïs et du Blé (VERMOREL, 1971 ; tableau 8).

TABLEAU 7 : UTILISATION COMPARÉE DU TRITICALE ET DU SORGHO DANS DES RÉGIMES ÉQUILIBRÉS, PAR LE PORC EN CROISSANCE

(SHIMADA, MARTINEZ ET BRAVO, 1971)

COMPOSITION DU REGIME				
Triticale (%)	0	30	60	90
Sorgho (%)	78	52	26	0
Tourteau de soja (%)	18	14	10	6
Quantité de MS ingérée (g/j)	1817	1802	1766	1778
Gain de poids moyen (g/j)	559	551	532	554
Indice de consommation	3,25	3,27	3,32	3,21

TABLEAU 8 : VALEURS ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE DES PRINCIPALES CÉRÉALES POUR LE RAT, LE PORC EN CROISSANCE ET LA VOLAILLE

		ORGE	SEIGLE	TRITICALE	BLE	SORGHO	MAIS
Energie brute (Mcal/kg MS)		4,47	4,37	4,46	4,45	4,56	4,51
Rat en croissance	Digestibilité de l'énergie	0,82	0,85	0,87	0,87	0,91*	0,88
	EM (Mcal/kg MS)	3,54	3,66	3,82	3,80	4,03	3,90
	E. Nette (relatif)	*91*	*95*	*100*	*99*	*104*	*101*
	Digestibilité de l'azote	0,78	0,68	0,83	0,82	0,86*	0,82
	MAD (g/kg MS)	102	71	126	117	120	88
Porc en croissance	Digestibilité de l'énergie	0,80	0,87	0,87	0,88		0,88
	EM Mcal/kg MS	3,41	3,63	3,71	3,74		3,85
	EM Valeur relative	*92*	*98*	*100*	*101*		*104*
	Digestibilité de l'azote	0,77	0,80	0,85	0,86		0,84
	MAD (g/kg MS)	101	84	129	121		88
Coq adulte	EM (Mcal/kg MS)	3,25		3,48	3,51	3,64	3,80
	EM Valeur relative	*93*		*100*	*101*	*105*	*109*
Poulet en croissance : EM (Val. relative)				*100*	*100*		*110*

*Sorgho INRA 450, riche en azote et à très faible teneur en tanins

TABLEAU 9 : DIGESTIBILITE VRAIE DES ACIDES AMINÉS DE L'ORGE, DU TRITICALE ET DU BLÉ CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

Auteurs Pds des Porcs	SAUER et al, 1974 10 kg			SAUER et al, 1974 30 kg			HACKL et POPPE, 1973 50-70 kg		
Céréale	Orge	Tritic.	Blé	Orge	Tritic.	Blé	Orge	Tritic.	Blé
Lysine	0,81	0,93	0,83	0,67	0,78	0,70	0,75	0,77	0,84
Thréonine	0,86	0,89	0,87	0,84	0,88	0,87	0,82	0,88	0,92
Méthionine	0,90	0,95	0,89	0,83	0,87	0,88	0,95	0,94	0,98
Cystine	-	-	-	-	-	-	0,89	0,92	0,94
Valine	0,88	0,93	0,89	0,86	0,87	0,87	0,81	0,90	0,92
Isoleucine	0,86	0,94	0,89	0,85	0,87	0,86	0,80	0,90	0,93
Phénylalanine	0,91	0,96	0,94	0,90	0,94	0,94	0,90	0,93	0,95
Tyrosine	-	-	-	-	-	-	0,81	0,85	0,88
Histidine	0,93	0,96	0,94	0,90	0,94	0,93	0,88	0,95	0,94
Arginine	0,93	0,96	0,94	0,91	0,94	0,94	0,86	0,94	0,94
Protéines	0,87	0,93	0,91	0,85	0,90	0,89	0,82	0,90	0,91

TABLEAU 10 : APPORTS D'ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES ET SEMI-INDISPENSABLES DES PRINCIPALES CÉRÉALES (G/MCAL D'ÉNERGIE DIGESTIBLE) ; COMPARAISON AUX BESOINS DU PORC EN CROISSANCE

	Porc *		AVOINE	ORGE	SEIGLE	TRITIC.	BLE	MAIS
	20-50 kg	50-100 kg						
Lysine	2,5	2,0	1,42	1,15	1,09	1,19	0,93	0,70
Thréonine	1,45	1,1	1,26	1,08	1,03	1,04	1,00	0,93
Méth. + Cystine	1,5	1,3	1,71	1,30	1,36	1,53	1,46	1,28
Tryptophane	0,45	0,35	0,43	0,36	0,30	0,35	0,36	0,17
Arginine	0,6	0,5	2,20	1,60	1,66	1,91	1,63	1,24
Histidine	0,55	0,45	0,73	0,70	0,73	0,80	0,76	0,77
Isoleucine	1,5	1,25	1,47	1,23	1,11	1,25	1,23	0,92
Valine	1,5	1,2	1,97	1,69	1,51	1,43	1,49	1,28
Tyrosine	1,5	1,2	3,10	2,88	2,30	2,68	2,55	2,55

*HENRY Y., PION R., RERAT A., 1976

Chez le Porcelet ou le Porc, la digestibilité de l'énergie du Triticale est, comme chez le Rat, égale à celle du Blé, légèrement inférieure à celle du Maïs (de 1 à 2 points) mais supérieure à celle de l'Orge (de 6 à 7 points environ) (CORNEJO et al, 1973 ; SHIMADA et CLINE, 1974 ; ERICKSON et al, 1978 ; PEREZ et al, 1978). Les teneurs en EM sont en valeur relative, pour l'Orge : 92 ; le Seigle : 98 ; le Triticale : 100 ; le Blé : 101 ; le Maïs : 104 (tableau 8). On ne dispose malheureusement pas de données sur la valeur énergétique du Triticale pour le Porc mais, compte-tenu de sa composition chimique et de sa teneur en EM, on peut penser qu'elle est très voisine de celle du Blé.

Chez la Volaille, les mesures effectuées sur Coq adulte par GUILLAUME pour les principales céréales françaises montrent que la teneur en EM du Triticale est égale à celle du Blé, inférieure de 9 p.100 en moyenne à celle du Maïs et supérieure de 7 p.100 en moyenne à celle de l'Orge (tableau 8). Ces données confirment les résultats obtenus par SELL et JOHNSON (1969) sur Dindonneau, BRAGG et SHARBY (1970), SHIMADA et CLINE (1974) sur Poulet ; en revanche, la différence de 12 p.100 trouvée par Mc NAB et SHANNON (1975) en faveur du Triticale par rapport au Seigle semble importante.

Valeur azotée : La digestibilité des matières azotées du Triticale chez le Rat en croissance est supérieure à celles de l'Orge et du Seigle et égale à celles du Blé et du Maïs (VERMOREL, 1971 ; PION, 1977 ; VERMOREL, non publié) (tableau 8). Chez le Porc, elle est également supérieure à celles de l'Orge et du Seigle, égale à celle du Maïs et légèrement inférieure à celle du Blé (NOLAND et al, 1972 ; CORNEJO et al, 1973 ; HACKL et POPPE, 1973 ; SAUER et al, 1974 ; ERICKSON et al, 1978). L'élimination de l'ergot du Triticale permet d'augmenter de 2 p.100 les digestibilités de l'azote et de l'énergie (SAUER et al, 1974).

L'utilisation digestive des différents acides aminés est variable. On dispose essentiellement de données sur la digestibilité dite « vraie », c'est à dire calculée après déduction des acides aminés d'origine métabolique fécale. Bien que ce critère soit discutable en raison des variations de l'excrétion fécale d'acides aminés selon l'importance des fermentations microbiennes (RERAT, 1979), il peut traduire des différences d'utilisation digestive des acides aminés lorsque les régimes ont des compositions glucidiques voisines. La digestibilité vraie des acides aminés indispensables du Triticale est comparable à celle du Blé et supérieure à celle de l'Orge (tableau 9) (HACKL et POPPE, 1973 ; SAUER et al, 1974). Elle semble varier avec l'âge du Porc, mais chez des animaux de 30 kg ou plus, c'est surtout la lysine et, dans une moindre mesure, la thréonine qui présentent les digestibilités les plus faibles. Celle des acides aminés soufrés est égale à la digestibilité moyenne des acides aminés et celles de l'arginine, de l'histidine et de la phénylalaline sont supérieures. Notons que la supplémentation du Triticale en lysine améliore de 15 p.100 la digestibilité vraie de la lysine de cette céréale, ce qui souligne l'intérêt d'utiliser des régimes équilibrés (HACKL et POPPE, 1973).

L'équilibre azoté des différentes céréales peut se traduire par leurs apports d'acides aminés indispensables et semi-indispensables (exprimés par Mcal d'énergie digestible) comparés aux besoins du Porc (tableau 10). Toutes les céréales sont déficitaires en lysine, thréonine et tryptophane, mais le Triticale est, après l'avoine, la céréale la mieux pourvue en ces acides aminés limitants surtout si l'on tient compte de leurs digestibilités assez élevées.

Performances obtenues au cours d'essais d'alimentation et influence de la supplémentation en acides aminés indispensables

La distribution de céréales seules conduit d'une façon générale, chez le Rat, le Porc et la volaille, à de meilleures performances (gain de poids, efficacité alimentaire) avec le Triticale qu'avec le Seigle, le Blé (KNIPFEL, 1969), le Maïs (SHIMADA, CLINE et ROGLER, 1974 ; YAQOOB et NETKE, 1975) ou le Sorgho (SHIMADA, MARTINEZ, BRAVO, 1971) ce qui traduit l'apport supérieur d'acides aminés indispensables du Triticale. Avec des régimes à 16 p.100 de matières azotées, le remplacement du Sorgho par du Triticale permet d'économiser les 2/3 du Tourteau de soja sans réduire les performances du Porc en croissance (tableau 7) (SHIMADA, MARTINEZ, BRAVO, 1971).

A même taux azoté, les performances obtenues chez le Poulet sont égales avec le Blé et le Triticale (BRAGG et SHARBY, 1970). En revanche, dans le cas de régimes à taux azoté élevé, le gain de poids vif et l'efficacité alimentaire des poulets sont plus élevés avec le Maïs qu'avec le Blé et encore davantage qu'avec le Triticale et le Seigle, ce qui résulte de la valeur énergétique supérieure du Maïs (BIXLER et al, 1968). De même, la supplémentation des céréales par du tourteau de soja conduit à de meilleures performances avec le Maïs qu'avec le Triticale (SHIMADA, CLINE et ROGLER, 1974 ; KIM et al, 1976). Chez la Poule pondeuse, l'addition de 4 p.100 de farine de viande améliore la ponte beaucoup plus dans le cas du Maïs que dans le cas du Triticale et permet d'obtenir des performances comparables avec les 2 régimes (CHOUDHARY et NETKE, 1976).

Dans une étude factorielle très complète effectuée chez le Rat et le Porc en croissance, SHIMADA et CLINE (1974) ont confirmé les résultats de divers travaux antérieurs et montré que les acides aminés limitants du Triticale étaient, par ordre décroissant : la lysine, la thréonine et la méthionine (tableau 11). En revanche, la valine, l'isoleucine et la leucine ne semblent pas être des acides aminés limitants puisque leur addition au Triticale supplémenté en lysine, thréonine et méthionine, n'a pas entraîné d'amélioration des performances. Des résultats analogues ont été obtenus chez le Poulet par FERNANDEZ et Mc GINNIS (1974) et par MARQUEZ et AVILA (1974). Ces auteurs n'ont d'ailleurs pas obtenu de réponse à la supplémentation en tryptophane ; ce résultat peut provenir de teneurs en tryptophane plus élevées dans les variétés mexicaines et américaines que dans les variétés françaises.

TABLEAU 11 : INFLUENCE DE LA SUPPLEMENTATION EN ACIDES AMINES DU TRITICALE SUR LE GAIN DE POIDS VIF ET L'INDICE DE CONSOMMATION DU RAT ET DU PORC

(SHIMADA et CLINE, 1974)

	RAT						PORC	
	GMQ (g/j)			I.C.			GMQ	I.C.
Expérience	1	2	3	1	2	3	5	5
Triticale seul	2,6	3,0	2,4	5,2	5,1	5,0	59	8,4
Triticale + Lysine	3,8	5,0	3,2	4,1	3,7	3,9	130	5,7
Triticale + Lysine + Thréonine	5,2	6,2	4,2	3,3	3,1	3,3	201	3,7
Triticale + Lysine + Thréonine + Méth.	5,6	6,7	4,4	3,1	2,8	3,0		
Triticale + Lysine + Thréonine + Méthione + Isoleucine + Valine	5,8	6,7	-	3,1	2,8	-		
Maïs + Tourteau de Soja	7,2	7,3	-	2,7	2,6	-		

Si l'on supplémente les céréales en acides aminés indispensables pour satisfaire exactement les besoins du Rat en croissance, le gain de poids vif, les quantités de protéines et d'énergie fixées et le coefficient d'utilisation pratique (CUP) de l'azote sont, à quantité d'EM ingérée égale, comparables pour le Triticale, le Blé, le Seigle et l'Orge (VERMOREL, 1971 ; PION, 1978 ; VERMOREL, non publié). Ces résultats montrent de façon précise que la valeur nutritive du Triticale introduit dans des régimes équilibrés est égale à celle du Blé.

Utilisation du Triticale pour les Ruminants

Il existe encore peu de travaux sur l'utilisation du Triticale par les Ruminants et les résultats sont moins précis que chez les Monogastriques. L'appétibilité du Triticale semble dépendre de la forme de présentation : grain seulement aplati ou grain traité à la vapeur puis aplati (Mc CLOY et al, 1971). Dans le premier cas, l'appétibilité est réduite et les performances des animaux diminuent lorsque la proportion de Triticale dans la ration augmente. On observe en même temps un accroissement de la fréquence des abcès du foie liés aux phénomènes de parakératose comme dans le cas du Blé. En revanche, lorsque le Triticale est traité à la vapeur puis aplati, les performances sont élevées et égales à celles obtenues avec l'Orge traitée à la vapeur et aplatie, chez des bouvillons (LOFGREEN, 1966) et des vaches laitières (MOODY, 1973). Il est possible également que, comme pour le Blé, les résultats dépendent de la nature de la ration de base.

La digestibilité de l'énergie du Triticale chez les bouvillons et les moutons est supérieure de 2 à 4 points et celle de l'azote est supérieure de 14 points à celle du Sorgho (Mc CLOY et al, 1971). Bien que le gain de poids vif et les quantités d'aliment ingéré par les taurillons soient plus faibles avec le Triticale qu'avec le Sorgho, l'indice de consommation est meilleur (7,8 contre 8,9) ce qui peut être relié aux digestibilités plus élevées. La digestibilité du Triticale mesurée « *in vitro* » est intermédiaire entre celle de l'Orge et celle du Maïs mais les performances (gain de poids vif, efficacité alimentaire) des agneaux sont moins bonnes avec le Triticale qu'avec le Maïs et même qu'avec l'Orge (JORDAN et HANKE, 1972). La valeur énergétique nette du Triticale pour l'entretien et la production de viande, mesurée sur des bouvillons par la méthode des abattages, est comparable à celle de l'Orge (LOFGREEN, DUNBAR et ADDIS, 1970).

CONCLUSION

Bien que relativement jeune dans le monde et en France, le Triticale semble être une céréale prometteuse et digne d'intérêt. Sur le plan agronomique, les génotypes disponibles actuellement offrent déjà des performances élevées et assez stables. Sur le plan nutritionnel, les résultats obtenus chez les monogastriques sont très satisfaisants : la valeur énergétique du Triticale et les performances obtenues avec des régimes équilibrés sont égales à celles du Blé, légèrement inférieures à celles du Maïs, mais très supérieures à celles de l'Orge. L'apport d'acides aminés indispensables, par kg de matière sèche, est supérieur à celui de toutes les autres céréales, en particulier pour la lysine ; l'utilisation digestive et métabolique des acides aminés est satisfaisante. L'emploi du Triticale devrait donc permettre une économie de tourteaux. Les résultats encore limités obtenus sur Ruminants paraissent moins intéressants mais ils doivent être vérifiés et complétés avant que l'on puisse porter un jugement valable.

Le potentiel de productivité et la souplesse d'adaptation du Triticale - qui le rendent plus performant que le Blé en conditions relativement difficiles — sa facilité de culture par rapport au Seigle (en raison notamment de sa meilleure résistance à la verse), les caractéristiques de son grain, qui déterminent d'intéressantes possibilités d'utilisation, en font une céréale particulièrement bien adaptée à des conditions de culture en demi-montagne. Il peut constituer un atout non négligeable dans le développement de zones agricoles relativement défavorisées par rapport aux grandes plaines mécanisables.

Les imperfections constatées sur le matériel issu du premier cycle de sélection, tant au niveau agronomique (structure générale de la plante, fertilité de l'épi, caractéristiques du grain, résistance aux maladies)qu'au niveau nutritionnel (composition glucidique et protéique du grain...), peuvent être amendées par des programmes d'amélioration faisant intervenir les spécialistes des disciplines concernées (généticiens, nutritionnistes, biochimistes, pathologistes). Le Triticale peut non seulement réunir l'ensemble des avantages des espèces parentes, mais peut-être aussi en présenter de nouveaux. Cette amélioration dépend essentiellement des possibilités d'accès aux phénomènes de recombinaison — sur lesquels on peut agir par des

voies génétiques — et aux phénomènes de régulation — qui peuvent être touchés par l'hybridation ou la culture *in vitro* d'organes végétaux. Dans ces conditions, il est donc tout à fait légitime de considérer le Triticale, par la synthèse qu'il présente des qualités de plusieurs espèces, comme l'une des céréales les plus intéressantes pour l'agriculture de demain.

PRINCIPALES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(La liste complète des références est disponible au Secrétariat du Laboratoire d'Etude du Métabolisme Energétique)

BERNARD M., 1978. Le Triticale, céréale d'avenir ? *Les Hautes Etudes Betteravières,* **41**, 20-27.

CHOUDHARY K.S. and NETKE S.P., 1976. Incorporation of Triticale in layer diets. *Br. Poult. Sci.* **17**, 361-369.

CORNEJO S., POTOCNJAK J., HOLMES J.M.G. and ROBINSON D.W., 1973. Comparative nutritional value of Triticale for swine. *J. Anim. Sci.,* **36**, 1, 87-89.

ERICKSON J.P., MILLER E.R., BERGEN W.G. and ELLIOTT F.C., 1978. An evaluation of several winter selections of Triticale as a source of protein and energy for weanling pigs. *J. Anim. Sci.,* **46**, 2, 417-424.

PEREZ J.M., BOURDON D. et HENRY Y., 1978. Les céréales dans l'alimentation du Porc ; Utilisation des céréales fourragères à paille par le Porc. *B.T.I.,* 331, 335-361.

SAUER W.C., GIOVANNETTI P.M. and STOTHERS S.C., 1974. Availability of amino acids from Barley, wheat and Triticale and Soybean meal for growing pigs. *Can. J. anim. Sci.,* **54**, 97-105.

SHIMADA A. and CLINE T.R., 1974. Limiting amino acids of Triticale for the growing Rat and Pig. *J. anim. Sci.,* **38**, 5, 941-946.

SHIMADA A., CLINE T.R. and ROGLER J.C., 1974. Nutritive value of Triticale for the Nonruminant. *J. anim. Sci.,* **38**, 5, 935-940.

SHIMADA A.S., MARTINEZ R. and BRAVO F.O., 1971. Studies on the nutritive value of Triticale for growing swine. *J. anim. Sci.,* **33**, 6, 1266-1269.

VERMOREL M., 1971. Utilisation énergétique et azotée de quelques aliments pour les monogastriques en croissance : études sur le Rat. Xème Congrès Inter. Zootech. Versailles. Thème VII (Nutrition).

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 43-48

CAPACITES D'INGESTION COMPAREES DES VACHES PRIMIPARES ET MULTIPARES

J.L. TROCCON, H. RULQUIN, M. JOURNET

Laboratoire de la Production Laitière

Les variations de la quantité ingérée par les vaches laitières ont fait l'objet de nombreuses études au cours des 10 à 15 dernières années. Outre l'effet des régimes distribués, ces travaux mettent en évidence une augmentation de la quantité ingérée avec le poids vif, la production laitière et le rang de lactation surtout entre la 1ère et la 2ème lactation.

Mais dans ces études, les vaches primipares vêlaient à un âge compris entre 30 et 36 mois et à un poids vif assez élevé (530 - 550 kg après le vêlage). Or, avec l'accroissement du potentiel laitier et l'introduction du génotype Holstein, la tendance est de faire vêler plus précocement à un poids vif plus faible : 460 - 470 kg à 24 mois dans les essais réalisés au Laboratoire de la Production Laitière, par exemple.

L'objectif de cette étude est de mesurer l'influence de quelques facteurs de variation (régime, poids vif, production laitière) sur les quantités ingérées par des vaches laitières, jeunes dans l'ensemble, et surtout de préciser l'effet de l'âge combiné au rang de lactation.

ANIMAUX ET REGIMES ALIMENTAIRES

Nous avons étudié les quantités ingérées par des vaches ayant reçu 3 régimes dans 3 essais réalisés au Laboratoire au cours de 3 années différentes, incluant une proportion élevée de vaches primipares et dans lesquels au moins un aliment de la ration de base était offert à volonté. Seules les vaches laitières ayant eu de sérieux ennuis de santé (fièvre vitulaire, mammites) ou n'ayant pas été contrôlées pendant au moins les 8 premières semaines de la lactation n'ont pas été retenues.

Les effectifs de vaches sont rapportés dans le tableau 1. Deux tiers (69 p.100) des 117 lactations sont de vaches laitières ayant moins de 38 mois d'âge au vêlage et 66 p.100 de vaches ayant mis bas pour la 1ère fois vers 2 ans. Les vaches se répartissent en 5 classes de lactation en fonction de l'âge au premier vêlage et du rang de lactation : 1 - multipares adultes de rang de lactation $\geqslant$ 3 (26 p.100 3,9 lactations) ; 2 - 2ème lactation vers 4 ans après un 1er vêlage vers 3 ans (5 p.100) ; 3 - 2ème lactation vers 3 ans après 1er vêlage vers 2 ans (13 p.100) ; 4 - primipares, 1er vêlage vers 3 ans (14 p.100) ; 5 - primipares, 1er vêlage vers 2 ans (42 p.100).

Les quantités ingérées, la production et la composition du lait ont été mesurées chaque jour et le poids vif une fois par semaine au cours des 8 premières semaines de la lactation.

Les rations de base offertes étaient constituées :

- régime I, d'ensilages d'herbes (0,70 UFL/kg MS), mélange de ray-grass anglais, de fétuque et de prairie naturelle, ou de prairie naturelle additionnés d'acide formique et distribués à volonté, de foins de luzerne (0,62 UFL/kg MS) offerts en quantité limité (2 kg) et de pulpe sèche de betteraves offerte en quantité limitée (3 kg pour les primipares, 4 kg pour les multipares).

- régime II, d'ensilages de maïs (35 p.100 M.S. ; 0,73 UFL/kg MS) pauvres en grain (26 p.100), additionnés à la distribution d'un mélange pulpe-urée (0,89 UFL/kg MS ; 19,2 p.100 de la MS de la ration de base) ou d'un mélange son-tourteaux (1,01 UFL/kg MS ; 14,1 p.100 de la MS de la ration de base) et distribués à volonté, et de foin de pré (0,72 UFL/kg MS) offert en quantité limitée (1 kg pour les primipares et 2 kg pour les multipares).

- régime III, d'ensilages de maïs (35 p. 100 MS ; 0,78 UFL/kg MS) riches en grain (45 p.100) additionnés d'urée (100 g/vache/jour) et distribués à volonté et de pulpe sèche de betteraves offerte en quantité limitée (1,5 kg pour les primipares ; 2,5 kg pour les multipares).

Avec le régime II, une moitié des vaches a eu ses besoins azotés couverts sitôt le vêlage par un apport élevé puis dégressif de tourteaux tannés de soja et de colza (50-50) et l'autre moitié vers la 4ème semaine par la distribution de tourteau normal. Avec le régime III, des tourteaux tannés de soja et de colza (50-50) ont été distribués (1,5 kg) dès le vêlage afin que les besoins azotés soient immédiatement couverts. Les apports de tourteaux sont comptés dans l'aliment concentré. Les apports d'aliments concentrés ont été fonction du rang de lactation, du niveau de production laitière permis par la ration de base et de la production laitière attendue d'après la production initiale (4ème, 5ème et 6ème jours après le vêlage ; jour du vêlage = jour 1 ; HODEN, 1978). Après la 3ème semaine, il a été ajusté à la production laitière réelle. Un apport de minéraux et de vitamines a été réalisé pour équilibrer la ration.

METHODE D'ANALYSE DES DONNEES

L'analyse de covariance utilisée a permis d'étudier l'influence de 2 variables discontinues : le régime (n = 3) et la classe de lactation (n = 5) et de 2 variables continues : le poids vif et la production de lait 4 p.100, sur les quantités ingérées (ration de base et ration totale) au cours du 1er mois de la lactation (semaines 1 à 4), du 2ème mois de la lactation (semaines 5 à 8) et des 2 premiers mois de la lactation (semaines 1 à 8). Les poids vifs et les productions laitières utilisés comme covariables correspondent à ceux de la période considérée.

Deux analyses ont été effectuées :

- analyse 1, permettant de comparer les vaches primipares (classes 4 et 5) aux vaches multipares adultes (classe 1).

- analyse 2, permettant de comparer les 5 classes de lactation considérées sur les vaches ayant reçu les rations à base d'ensilage de maïs. La raison de cette double analyse tient à l'absence de vaches en 2ème lactation sur le régime I. Lorsqu'un des facteurs considérés n'améliorait pas l'explication de la variation de la quantité ingérée, l'analyse a été reprise sans ce facteur.

RESULTATS

1 - La quantité ingérée de la ration de base par les vaches primipares augmente plus après le vêlage bien que plus lentement (graphique 1).

Entre le 1er et le 2ème mois de la lactation, les vaches primipares vêlant vers 2 ans ont augmenté leur quantité ingérée de la ration de base de 12 p. 100 contre 6 à 8 p.100 pour les vaches multipares adultes, malgré une proportion plus élevée d'aliment concentré dans la ration totale.

L'accroissement de la production de lait 4 p.100 entre le 1er et le 2ème mois de lactation est plus important pour les vaches primipares que pour les vaches multipares et parait diminuer avec l'âge et le rang de lactation. Les primipares ont un pic de lactation peu marqué et une persistance plus élevée de la production laitière ensuite (graphique 1).

GRAPHIQUE 1 : EVOLUTION DES DIFFERENTES VARIABLES SELON LA NATURE DU REGIME ET EN FONCTION DE LA CLASSE DE LACTATION DES VACHES LAITIERES.

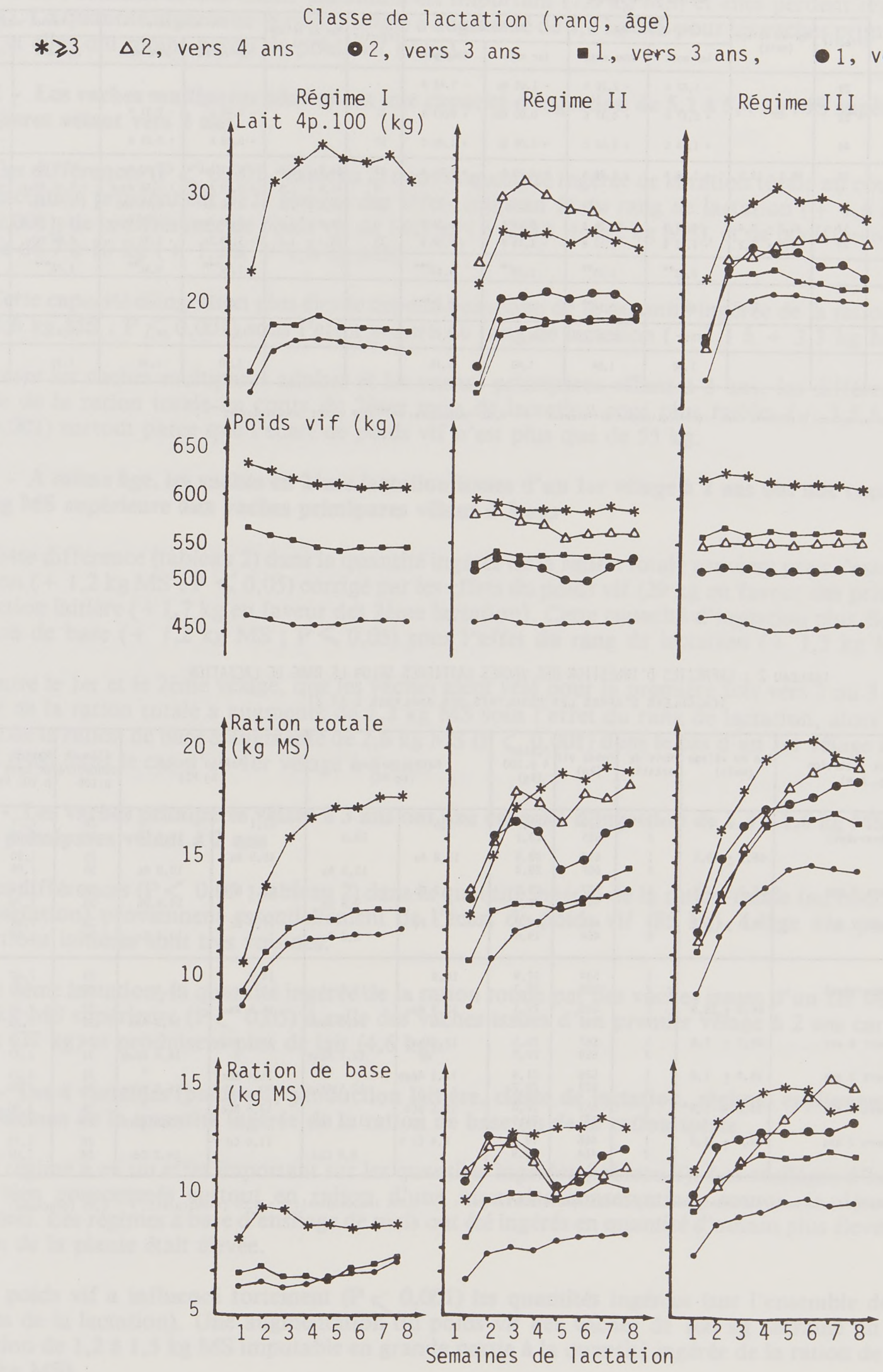


TABLEAU 1 : EFFETS DE QUELQUES FACTEURS DE VARIATION SUR LA CAPACITE D'INGESTION (KG MS) DES VACHES LAITIERES EN DEBUT DE LACTATION

	Analyse 1 (96 vaches)						Analyse 2 (88 vaches)					
	Effectif	Age au vêlage (mois)	Ration de base		Ration totale		Effectif	Age au vêlage (mois)	Ration de base		Ration totale	
			1er mois	2ème mois	1er mois	2ème mois			1er mois	2ème mois	1er mois	2ème mois
Régime I Ensilage d'herbe	29		- 1,82 A	- 2,36 A	- 1,05 Aa	- 1,42 A	-		-	-	-	-
Régime II Ensilage de maïs (26 p.100 grain)	23		+ 0,17 B	+ 0,32 B	0,00 ABb	+ 0,23 B	31		- 0,48 a	- 0,81 A	NS	- 0,50 A
Régime III Ensilage de maïs (45 p.100 grain)	44		+ 1,64 C	+ 2,04 C	+ 1,05 Bc	+ 1,20 C	57		+ 0,48 b	+ 0,81 B		+ 0,50 B
Classe de Lactation (rang, âge) ⩾ 3	30	68,9 ± 19,5	+ 1,58 A	+ 1,96 A	+ 1,79 A	+ 1,16 A	24	66,9 ± 18,9	+ 0,71 Aab	+ 1,42 Aα	+ 0,77 Aaα	+ 0,69 aα
2, vêlage vers 4 ans	-	-	-	-	-	-	6	45,9 ± 1,6	+ 0,50 ABab	+ 0,56 ABαβ	+ 0,68 ABαab	+ 0,56abcαβ
2, vêlage vers 3 ans	-	-	-	-	-	-	15	35,4 ± 1,0	+ 1,18 Aa	+ 0,70 ABα	+ 1,14 Aaα	+ 0,41 abα
1, vêlage vers 3 ans	17	35,2 ± 1,4	- 0,47 B	- 0,84 B	- 0,64 B	- 0,58 B	9	35,8 ± 1,0	- 0,80 ABbc	- 0,78 BCβα	- 0,97 ABβbc	- 0,77bcβ
1, vêlage vers 2 ans	49	24,0 ± 1,2	- 1,12 B	- 1,12 B	- 1,15 B	- 0,58 B	34	24,1 ± 1,2	- 1,59 Bc	- 1,92 Cγ	- 1,62 Bcβ	- 0,89 cγ
Poids vif (pour 100 kg)			0,92**	1,29**	1,09**	1,40***			1,55***	0,90**	1,76***	1,57***
Production laitière (pour 1 kg de lait 4 p.100)			NS	- 0,10**	NS	0,16***			NS	NS	NS	0,18***
Variance expliquée (p.100)			78,2	82,1	76,8	88,9			70,8	74,1	70,4	84,4
Ecart type résiduel (kg MS)			1,40	1,34	1,40	1,15			1,50	1,38	1,55	1,21

Les valeurs suivies de lettres ou d'index différents sont significativement différentes : P < 0,001 (majuscules et ***), P < 0,01 (minuscules et **), P < 0,05 (grecques).

TABLEAU 2 : CAPACITES D'INGESTION DES VACHES LAITIERES SELON LE RANG DE LACTATION

(CALCULÉES D'APRES LES RÉSULTATS DES ANALYSES 1 ET 2)

Analyse	Classe de lactation (rang, âge)	Age au vêlage (mois)	Mois de lactation	Poids vif (kg)	Lait 4 p.100 (kg)	Ration de base (kg MS)		Ration totale (kg MS)		Aliment concentré p.100	Ration de base p.100 PV	Ration totale p.100 PV
1	Ensemble (moyennes observées)		1	530	21,7	9,5		13,1		28	1,77	2,47
			2	525	23,1		10,3		15,6	34	1,96	2,95
	⩾ 3	68,9 ± 19,5	1	619	28,5	11,8 Aa		15,8 Aa		25	1,90	2,55
			2	607	29,9		12,5 Aα		18,8 Aa	34	2,06	3,10
	1, vêlage vers 3 ans	35,2 ± 1,4	1	557	19,9	9,2 Bb		12,7 Bb		28	1,64	2,28
			2	549	20,7		9,8 Bβ		14,8 Bb	33	1,79	2,69
	1, vêlage vers 2 ans	24,0 ± 1,2	1	466	18,2	7,7 Bc		11,2 Bc		32	1,64	2,40
			2	464	19,6		8,6 Bγ		13,4 Bc	36	1,84	2,89
2	Ensemble (moyennes observées)		1	534	22,9	10,9		14,2		23	2,02	2,65
			2	530	24,3		11,8		16,8	29	2,23	3,16
	⩾ 3	66,9 ± 18,9	1	610	27,3	12,9 Aaα		16,5 Aaα		22	2,11	2,71
			2	604	28,3		14,0 Aaα		19,3 Aaα	28	2,31	3,20
	2, vêlage vers 4 ans	45,9 ± 1,6	1	567	26,5	12,0Abab		15,7 ABab		24	2,12	2,77
			2	559	27,8	αβ	12,7 ABab	β	18,4 ABab	31	2,27	3,29
	2, vêlage vers 3 ans	35,4 ± 1,0	1	526	21,9	12,1 ABab	αβγ	15,4 Bbcβ	α	22	2,29	2,93
			2	522	23,2	α	12,5 ABbβ		16,8 BCbc	26	2,39	3,23
	1, vêlage vers 3 ans	35,8 ± 1,0	1	551	20,0	10,5 BCb		13,8 BCcd	β	24	1,90	2,50
			2	551	21,5	β	11,3 BCbγ	γ	15,8 CDcβ	29	2,05	2,87
	1, vêlage vers 2 ans	24,1 ± 1,2	1	466	19,0	8,4 Cc γ		11,6 Cd γ		28	1,79	2,49
			2	464	20,9		9,4 Ccδ		14,2 Ddγ	34	2,02	3,06

Les valeurs suivies de lettres ou d'index différents sont significativement différentes : P < 0,001 (majuscules), P < 0,01 (minuscules), P < 0,05 (grecques)

Les variations du poids vif après le vêlage sont faibles. Cependant, les vaches multipares doivent perdre plus de masse corporelle que les vaches primipares car l'accroissement de la quantité ingérée de la ration totale entre la 1ère semaine et la semaine maximum est important (7,0 kg MS) et elles perdent cependant du poids (15 kg). La quantité ingérée de la ration totale a augmenté de 4,8 kg MS pour les vaches primipares vêlant vers 2 ans et elles ont moins perdu de poids vif (9 kg).

2 - Les vaches multipares adultes ont une capacité d'ingestion de 5,1 à 5,4 kg MS supérieure aux vaches primipares vêlant vers 2 ans.

Ces différences ($P < 0,001$; tableau 2) dans la quantité ingérée de la ration totale au cours du 2ème mois de la lactation proviennent de la somme des effets (tableau 1) du rang de lactation (+ 1,6 à + 1,7 kg MS ; $P < 0,001$), de la différence de poids vif de 14O kg (+ 2,0 à + 2,2 kg MS), et de la différence de production laitière de 7 à 10 kg (+ 1,3 à + 1,6 kg MS).

Cette capacité d'ingestion plus élevée dépend beaucoup de la quantité ingérée de la ration de base (+ 3,9 à + 4,6 kg MS ; $P < 0,001$) sous l'effet propre du rang de lactation (+ 3,1 à + 3,3 kg MS ; $P < 0,001$).

Entre les vaches multipares adultes et les vaches primipares vêlant à 3 ans, les différences de quantité ingérée de la ration totale au cours du 2ème mois de lactation sont plus faibles (+ 3,5 à + 4,0 kg MS ; $P < 0,001$) surtout parce que l'écart de poids vif n'est plus que de 55 kg.

3 - A même âge, les vaches en 2ème lactation issues d'un 1er vêlage à 2 ans ont une capacité d'ingestion de 1 kg MS supérieure aux vaches primipares vêlant à 3 ans

Cette différence (tableau 2) dans la quantité ingérée de la ration totale provient pour l'essentiel du rang de lactation (+ 1,2 kg MS ; $P < 0,05$) corrigé par les effets du poids vif (29 kg en faveur des primipares) et de la production laitière (+ 1,7 kg en faveur des 2ème lactation). Cette capacité d'ingestion plus élevée provient de la ration de base (+ 1,2 kg MS ; $P < 0,05$) sous l'effet du rang de lactation (+ 1,5 kg MS ; $P < 0,05$).

Entre le 1er et le 2ème vêlage, que les vaches aient vêlé pour la première fois vers 2 ou 3 ans, la quantité ingérée de la ration totale a augmenté de 1,3 kg MS sous l'effet du rang de lactation, alors que la quantité ingérée de la ration de base a augmenté de 2,6 kg MS ($P < 0,001$) dans le cas d'un 1er vêlage à 2 ans et de 1,3 kg MS (NS) dans le cas d'un 1er vêlage à 3 ans.

4 - Les vaches primipares vêlant à 3 ans ont une capacité d'ingestion de 1,4 à 1,6 kg MS supérieure aux vaches primipares vêlant à 2 ans

Les différences ($P < 0,05$; tableau 2) dans la quantité ingérée de la ration totale (au cours du 2ème mois de la lactation) proviennent essentiellement de l'écart de poids vif (85 kg). L'âge n'a pas d'effet et les productions laitières sont très voisines.

En 2ème lactation, la quantité ingérée de la ration totale par des vaches issues d'un 1er vêlage à 3 ans est de 1,5 kg MS supérieure ($P < 0,05$) à celle des vaches issues d'un premier vêlage à 2 ans car elles sont plus lourdes (37 kg) et produisent plus de lait (4,6 kg).

5 - Les 4 variables (poids vif, production laitière, classe de lactation, régime) expliquent 70 à 89 p.100 des variations de la quantité ingérée de la ration de base ou de la ration totale

Le régime a eu un effet important sur les quantités ingérées (tableau 1). Les ensilages d'herbe ont été les moins bien consommés surtout en raison d'une mauvaise conservation, source de désordres digestifs (diarrhées). Les régimes à base d'ensilage de maïs ont été ingérés en quantité d'autant plus élevée que la teneur en grain de la plante était élevée.

Le poids vif a influencé fortement ($P < 0,001$) les quantités ingérées (sur l'ensemble des 8 premières semaines de la lactation). Une augmentation du poids vif des vaches de 100 kg entraîne un accroissement d'ingestion de 1,2 à 1,5 kg MS imputable en grande partie à la quantité ingérée de la ration de base (+ 1,2 à + 1,3 kg MS).

La production laitière n'a pas eu d'effet significatif sur les quantités ingérées de la ration de base et de la ration totale au cours du 1er mois. Au cours du 2ème mois la quantité de matière sèche totale augmente de 160 à 180 g MS par kg de lait 4 p.100 ($P < 0,001$), ce qui correspond à un apport accru d'aliment concentré de 230 à 260 g de MS et à une diminution de l'ingestion volontaire de la ration de base de 50 à 100 g.

Les améliorations très significatives apportées par chacune des 4 variables sont très faibles par rapport à l'explication commune. L'écart-type résiduel varie de 1,15 à 1,55 kg MS (tableau 1).

CONCLUSION

Cette étude met en valeur la faible capacité d'ingestion en début de lactation des vaches primipares vêlant à 2 ans qui est inférieure de plus de 5 kg de matière sèche à celle des vaches adultes (de 4 à 4,5 kg MS pour la ration de base) pour une différence de poids vif de 140 kg. De ce fait, la production laitière permise par le niveau des apports énergétiques de la ration de base est inférieure à celle des multipares de plus de 7 kg de lait 4 p.100 dans le cas d'une ration à base d'ensilage de maïs (35 p.100 MS) offert *ad libitum*.

Par ailleurs, il apparaît qu'en début de lactation la capacité d'ingestion de ces vaches très jeunes augmente assez fortement avec le poids vif, de plus de 1,5 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif avec les rations à base d'ensilage de maïs. En revanche elle augmente très peu avec le niveau de production laitière, de 150 à 200 g par kg de lait 4 p.100 au lieu de 270 g pour les multipares (JOURNET et REMOND, 1976). En conséquence, il sera très difficile d'assurer la couverture des besoins énergétiques des vaches primipares à potentiel élevé de production et d'autant plus qu'elles seront d'un format réduit. Elles nécessiteront donc des rations à proportion assez élevée d'aliments concentrés.

Les objectifs de croissance en période d'élevage devront donc conduire à des génisses d'un poids vif assez élevé, capables d'ingérer des quantités plus importantes de fourrages après leur 1er vêlage, et pouvant ainsi se satisfaire de rations à proportion plus faible d'aliment concentré. L'accroissement important de la capacité d'ingestion au cours de la première lactation leur permettra de réaliser un croît suffisant, si la qualité des rations le permet. Nous savons cependant que des croissances élevées ne peuvent être recherchées tout au long de la période d'élevage sans risques de nuire à l'expression du potentiel laitier (TROCCON et JOURNET, 1979). Il conviendra donc de définir un niveau de croissance optimum aux différentes phases de la période d'élevage permettant une bonne extériorisation du potentiel laitier et malgré tout une utilisation maximale des fourrages en particulier de l'herbe aussi bien durant la vie non productive que productive. C'est l'objet des essais en cours qui combinent 2 niveaux d'alimentation durant les périodes hivernales 0-6 mois et 12-18 mois pour un vêlage à 2 ans.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

HODEN A., 1978. Rationnement au début de la lactation. in : *La Vache Laitière,* p. 71-85. Ed. INRA Publications Route de St Cyr - 78000 VERSAILLES.

JOURNET M. et REMOND B., 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows : a review. *Livest. Prod. Sci.*, 3, 129-146.

TROCCON J.L. et JOURNET M., 1979. Vitesse de croissance optimale et alimentation des génisses. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA,*

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 49-54

QUALITE DE LA CARCASSE, QUALITE DE LA VIANDE ET SENSIBILITE AU STRESS CHEZ LE PORC

G. MONIN

Station de Recherches sur la Viande

Dans un bref article paru en 1973 dans ce bulletin (n°13), nous abordions les relations entre qualité de la carcasse et qualités de la viande chez le Porc (MONIN, 1973). Des progrès importants dans la compréhension de ces relations ont été réalisés à ce sujet depuis quelques années. Après quelques définitions et un bref rappel des principaux résultats rapportés dans notre précédent article nous tenterons de faire le point des connaissances actuelles.

I - QU'ENTENDONS NOUS PAR QUALITE DE LA VIANDE DE PORC ?

Chez le Porc, les qualités qui ont le plus souvent été prises en compte par les chercheurs en viande, et dont nous parlons ici, sont les qualités technologiques, à savoir celles qui conditionnent la transformation et la distribution de la viande. Ce sont pour l'essentiel le pH (caractéristique primordiale, car son évolution conditionne toutes les autres qualités), le pouvoir de rétention d'eau et la couleur (surtout, pour cette dernière, son homogénéité dans une pièce donnée). Notons tout de suite que les différents modes d'utilisation de la viande de Porc n'exigent pas forcément les mêmes qualités : ainsi la fabrication du jambon de Paris bénéficie d'une élévation du pH jusqu'à 6.3, 6.4, mais de telles valeurs sont déjà trop élevées pour assurer les meilleures conditions de fabrication du jambon sec cru (POMA, 1976). C'est pourquoi nous estimons qu'une viande de qualité optimale, convenant à toutes les formes de transformation, doit présenter les caractéristiques suivantes : pH de 5.6 à 6.2, cette valeur étant atteinte lentement après l'abattage (2 à 6 heures) ; coloration soutenue, rose à rouge vif, mais surtout homogène ; surface de coupe ferme et modérément humide. Toutes les viandes qui possèdent des pH extrêmes posent des problèmes aux transformateurs, qu'il s'agisse de viandes exsudatives, dont le pH de 5.2 à 5.5 est atteint trop rapidement dans la période suivant l'abattage et qui sont inacceptables pour la fabrication de pièces entières cuites (jambon de Paris), ou de viandes dont le pH trop élevé (>6.3) est incompatible avec la production de pièces entières crues salées.

2 - RELATIONS QUALITES DES VIANDES-QUALITES DE CARCASSE

On s'est aperçu de longue date que les races porcines fournissant les meilleures carcasses (à la fois maigres et à fort développement musculaire) comme le *Landrace Belge* et plus encore le *Piétrain* présentent une fréquence élevée de viandes exsudatives. A l'intérieur même des différentes races, de nombreux auteurs ont mis en évidence des corrélations négatives entre qualité de la carcasse et qualité de la viande, corrélations souvent faibles toutefois (BEKAERT et al. 1978, WENIGER et al 1967, JENSEN et al 1967, JONSSON et al 1971, VOLD et al 1965). Cependant notons que dans la race *Large White Français* CHARPENTIER et al (1971) n'ont trouvé que très peu de relations significatives entre divers critères de qualité de la carcasse et de la viande. Aux USA, SKELLEY et HANDLIN (1971) et BERRY et al (1970) ont obtenu des résultats analogues pour diverses races américaines.

En fait il faut distinguer dans la qualité de carcasse, entre charnure et adiposité. VOS et SYBESMA (1971) ont bien montré que chez le *Landrace Hollandais* l'amélioration de la conformation est beaucoup plus nuisible à la qualité de la viande (mesurée par la vitesse de chute du pH *post mortem*) que la diminution de l'épaisseur de lard dorsal. Nous rapportons dans le tableau 1 les chiffres les plus éloquents parmi ceux qu'ils donnent dans leur article.

Un autre facteur tendant à masquer les relations entre qualités de la carcasse et de la viande est constitué par les variations dans les conditions d'abattage. Celles ci sont bien connues pour influencer d'une manière considérable l'ensemble des caractéristiques technologiques de la viande, or elles sont rarement parfaitement maîtrisées, même dans les expériences destinées à apprécier les relations qualité de carcasse - qualité de la viande. Ainsi la date d'abattage (c'est à dire en fait les conditions climatiques, de transport, d'attente à l'abattoir) explique une part très importante de la variance dans diverses caractéristiques de la viande de porcs provenant du même troupeau, élevés dans les mêmes conditions et abattus au même poids comme le montre le tableau 2.

3 - RELATIONS ENTRE SENSIBILITE AU STRESS, QUALITE DE LA CARCASSE ET QUALITE DE LA VIANDE

3.1. - Notions de sensibilité au stress

Le terme de ''sensibilité au stress'' a pris chez le Porc un sens relativement restreint : il désigne généralement, selon le contexte, la tendance de certains animaux à succomber au syndrome de stress à l'occasion d'agressions mineures, à présenter le syndrome d'hyperthermie maligne lors de l'administration de certaines drogues (halothane, succinylcholine...) ou à donner lors de l'abattage dans les conditions normales des viandes exsudatives. Ces trois phénomènes semblent reposer sur des mécanismes biochimiques sinon identiques du moins très voisins, en l'occurence une exacerbation de l'activité ATPasique du muscle sous l'influence d'un dérèglement des mouvements du calcium dans le muscle (à ce sujet, voir la revue de LISTER, 1977). C'est en lui attribuant ce sens consacré par l'usage que nous emploierons dans cet article le terme de sensibilité au stress.

Il en découle que la sensibilité au stress peut être appréciée par la mesure des modifications biochimiques du muscle *post mortem* (surtout la vitesse de chute du pH) ou des qualités de la viande (viande exsudative). Mais actuellement la technique à notre avis la plus sûre et précise, et aussi la plus employée, est l'administration d'halothane par voie respiratoire, qui déclenche le syndrome d'hyperthermie maligne. Cette technique a été proposée par EIKELENBOOM et MINKEMA (1974) et depuis a été utilisée par de nombreux auteurs (WEBB et collaborateurs en Grande Bretagne, CHRISTIAN aux Etats Unis). Elle a permis des progrès considérables surtout dans l'étude du déterminisme génétique de la sensibilité au stress, mais nous permet aussi de beaucoup mieux appréhender les relations entre composition corporelle et qualités des viandes.

3.2. Relation génétique entre sensibilité au stress, qualité de carcasse et qualité de la viande

La théorie longtemps admise pour expliquer les relations entre qualité de la carcasse et qualité de la viande reposait sur l'hypothèse d'un déséquilibre hormonal apporté par la modification du rapport muscle/gras sous l'influence de la sélection. Cette sélection pour un anabolisme protidique accru favoriserait une hyposécrétion des hormones glucocorticoïdes. Or celles ci sont indispensables pour assurer une réaction coordonnée et efficace aux stress de toute nature que l'animal subit au cours de son existence (LUDVIGSEN (1954). Des résultats récents (MORMEDE et DANTZER 1978) ne confirment pas cette hypothèse car les animaux ''sensibles'' ou ''résistants au stress'' ne diffèrent pas sensiblement par leur fonctionnement hypophysosurrénalien. D'autres sécrétions hormonales pourraient être perturbées, hormone thyroïdienne, insuline mais surtout catécholamines (voir à ce sujet LISTER, 1977).

En fait il semble bien que le défaut fondamental à l'origine de la sensibilité au stress soit, comme nous y avons fait allusion plus haut, un dérèglement des mouvements de l'ion Ca^{++} dans la cellule musculaire, plus particulièrement au niveau de la mitochondrie. Cette hypothèse émise par CHEAH et CHEAH (1976) non seulement concorde bien avec les évènements biochimiques survenant dans les syndromes de stress, d'hyperthermie maligne ou de myopathie exsudative et dépigmentaire, mais aussi avec un déterminisme génétique relativement simple comme celui qui a été montré grâce au test à l'halothane être celui de la sensibilité au stress (OLLIVIER et al., 1975). La sensibilité au stress serait sous la dépendance d'un gène

unique, récessif, autosomal, à pénétrance incomplète, ce qui s'accorde bien avec l'hypothèse d'une lésion biochimique affectant la membrane mitochondriale (modification d'une protéine ou d'un enzyme).

Ce gène a également un effet sur le développement musculaire et le pourcentage de morceaux nobles dans la carcasse, mais de ce point de vue l'allèle responsable de la sensibilité au stress serait dominant sur l'allèle ''normal'' (OLLIVIER et al, 1975 ; OLLIVIER et al, 1978). Il en résulte que les porcs ''positifs'' au test à l'halothane, c'est à dire les homozygotes pour le gène de sensibilité au stress, présentent à la fois sensibilité au stress, tendance à donner des viandes exsudatives et développement musculaire supérieur à celui des porcs ''négatifs'' (c'est à dire l'ensemble des hétérozygotes et homozygotes ''normaux''). Il conviendrait toutefois de distinguer entre ces deux dernières catégories, car pour ce qui concerne le développement musculaire, les hétérozygotes semblent très proches des homozygotes ''sensibles''.

On comprend dès lors qu'une sélection aveugle sur le développement musculaire augmente la fréquence du gène de sensibilité au stress et par suite des viandes exsudatives. La figure 1 montre pour quatre races exploitées en France la relation entre la note moyenne de développement musculaire, déterminée selon OLLIVIER et LAUVERGNE (1967) et la proportion d'animaux sensibles à l'halothane.

Remarquons que le gène a peu d'effet sur l'adiposité des carcasses, du moins mesurée par l'épaisseur de lard dorsal : à partir de leurs propres résultats et de ceux de divers auteurs étrangers, OLLIVIER et al. (1978) chiffrent à environ 1 millimètre l'avantage des porcs sensibles à l'halothane au poids de 90-100 kgs. Ceci est à rapprocher des résultats de VOS et SYBESMA (1971) déjà évoqués plus haut, selon lesquels la sélection sur le développement musculaire est beaucoup plus néfaste, du point de vue de la qualité de la viande, que la sélection sur une moindre adiposité.

FIGURE 1 : RELATION ENTRE LA NOTE DE DEVELOPPEMENT MUSCULAIRE MOYENNE ET LA PROPORTION D'ANIMAUX REAGISSANT POSITIVEMENT AU TEST A L'HALOTANE DANS CINQ POPULATIONS PORCINES FRANCAISES (OLLIVIER et al., 1978).

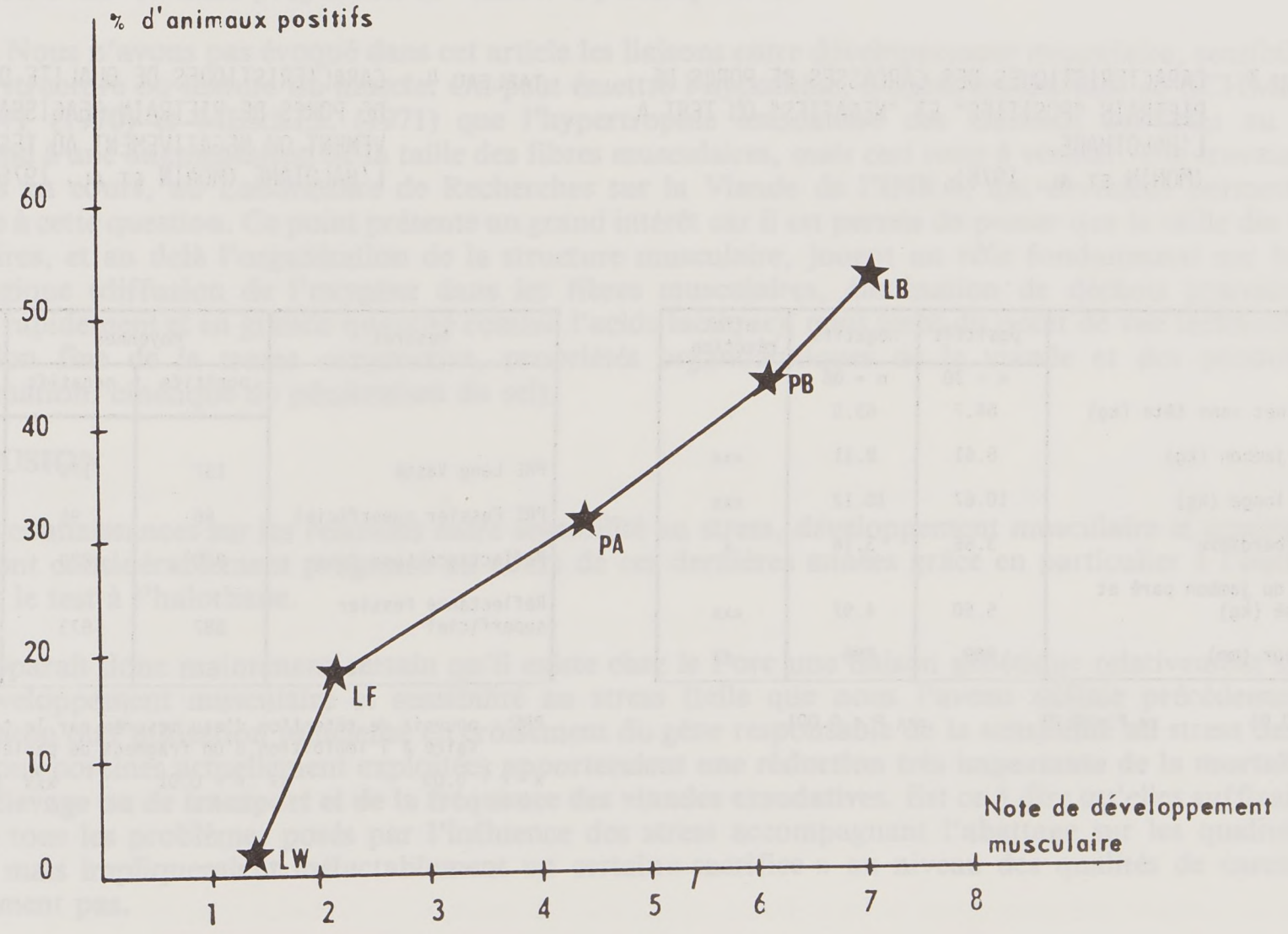


TABLEAU 1 : pH MESURE 30 MINUTES ENVIRON APRES LA MORT SUR LE MUSCLE LONG DORSAL DE CARCASSES DE PORCS LANDRACE HOLLANDAIS.
(VOS ET SYBESMA, 1971).

Classement	conformation	AA	A	B	C	CC
	nombre	84	1110	490	13	49
	pH	6.12	6.21	6.37	6.41	6.34
	épaisseur lard		1	2	3	4
	nombre		1052	416	145	49
	pH		6.26	6.27	6.28	6.34

Classification : A et C conformation décroissante
1 à 3 épaisseur de lard dorsal croissante
AA animaux exceptionnellement musclés et maigres.
4 et CC animaux non classés (trop gras ou mal conformés).

TABLEAU 2 : POURCENTAGE DE LA VARIANCE DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DE QUALITE DE LA VIANDE AU JOUR DE L'ABATTAGE.
(CHARPENTIER ET AL, 1971).

	Jour d'abattage	Résiduelle
pH 45 minutes post mortem	13,7	86,3
pH ultime (24 heures)	44.5	55.5
réflectance (couleur)	25.6	74.4
rétention d'eau (muscle fessier moyen)	10.0	90.0

TABLEAU 3 : CARACTERISTIQUES DES CARCASSES DE PORCS DE PIETRAIN "POSITIFS" ET "NEGATIFS" OU TEST A L'HALOTHANE.
(MONIN ET AL, 1976).

	positifs	négatifs	effet réaction
	n = 30	n = 88	
Poids net sans tête (kg)	64.7	63.5	x
Poids jambon (kg)	8.61	8.11	xxx
Poids longe (kg)	10.67	10.12	xxx
Longe/bardière	3.66	3.16	x
Poids du jambon paré et désossé (kg)	5.50	4.97	xxx
Longueur (mm)	869	886	xx

x P < 0.05 xx P < 0.01 xxx P < 0.001

TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DE QUALITE DE LA VIANDE DE PORCS DE PIETRAIN REAGISSANT POSITIVEMENT OU NEGATIVEMENT AU TEST A L'HALOTANE (MONIN ET AL, 1976).

Mesures	Moyennes		Effet
	positifs	négatifs	réaction
PRE Long Vaste	137	170	xxx
PRE Fessier superficiel	66	96	x
Réflectance Long Vaste	860	829	xx
Réflectance Fessier superficiel	887	873	NS

PRE : pouvoir de rétention d'eau mesurée par le temps nécessaire à l'imbibition d'un fragment de papier pH.

x P < 0.05 xx P < 0.01 xxx P < 0.001

3.3. Différences dans la qualité de carcasse et de viande entre animaux résistants et sensibles au stress

Le tableau 3 illustre les différences de rendement en carcasse et de qualité de cette carcasse entre porcs « positifs » et « négatifs » au test à l'halothane dans la race de *Piétrain*. Ces résultats concordent avec ceux rapportés pour d'autres races par divers auteurs néerlandais et britanniques, bien que d'une race à l'autre l'estimation de la supériorité des porcs « positifs » en ce qui concerne le pourcentage de muscle dans la carcasse varie de plusieurs points. Il apparait donc que les animaux sensibles au stress manifestent dans tous les cas un net avantage sur les plans du rendement à l'abattage et de la composition de la carcasse.

Cet avantage est malheureusement compensé par un net amoindrissement des qualités de la viande. Les résultats des différents auteurs concordent également sur ce point. Nous rapportons ici (tableau 4) des résultats que nous avons obtenus dans la race de Piétrain. Plus significative encore est notre observation d'une différence de l'ordre de 4 points dans le rendement technologique de la fabrication du jambon de Paris entre des porcs *Piétrain* « positifs » ou « négatifs » au test à l'halothane (MONIN et al, résultats non publiés).

D'une façon apparemment paradoxale, cette différence de qualité apparait plus nettement chez les animaux relativement peu stressés avant l'abattage. En effet, si les animaux subissent un stress prolongé avant l'abattage, il peut en résulter une élévation du pH ultime de la viande qui ne permet pas au caractère exsudatif de se manifester (il faut pour qu'une viande soit exsudative, que son pH s'abaisse à une valeur au moins inférieure à 5.6, 5.7). Ainsi l'observation non publiée que nous rapportons ci dessus a été réalisée sur des animaux abattus à la Station de Recherches sur la Viande dans des conditions de stress minimales. Dans une précédente expérience (MONIN et al, 1976) nous abattions des porcs « positifs » et « négatifs » au test à l'halothane après transport de Theix à Villefranche d'Allier (2 heures de transport environ) et attente d'environ 18-20 heures à l'abattoir : nous obtenions des pH de l'ordre de 6, témoins d'un stress relativement important, et une différence non significative dans le rendement technologique de fabrication du jambon de Paris (environ 0.4 point).

Il ne faudrait toutefois pas en conclure qu'il suffirait d'infliger aux animaux, avant leur arrivée à l'abattoir, un trajet de quelques heures ou même un stress quelconque pour résoudre les problèmes liés à la qualité de la viande ; un tel procédé, outre de grever le coût du transport de la ferme à l'abattoir, entrainerait des pertes de poids (souvent de plusieurs kilogrammes), une mortalité supplémentaire et très probablement la production d'une certaine proportion de viandes à pH trop élevé.

3.4. Nous n'avons pas évoqué dans cet article les liaisons entre développement musculaire, sensibilité au stress et structure ou texture du muscle. On peut émettre l'hypothèse, d'après les travaux de SCHMITT et DUMONT (1970) et MERKEL (1971) que l'hypertrophie musculaire des animaux sensibles au stress correspond à une augmentation de la taille des fibres musculaires, mais ceci reste à vérifier. Des travaux sont d'ailleurs en cours, au Laboratoire de Recherches sur la Viande de l'INRA, qui devraient permettre de répondre à cette question. Ce point présente un grand intérêt car il est permis de penser que la taille des fibres musculaires, et au delà l'organisation de la structure musculaire, jouent un rôle fondamental sur le plan physiologique (diffusion de l'oxygène dans les fibres musculaires, élimination de déchets pouvant être produits rapidement et en grande quantité comme l'acide lactique), mais aussi du point de vue technologique (répartition fine de la trame conjonctive, propriétés organoleptiques de la viande et des produits de transformation, cinétique de pénétration du sel).

CONCLUSION

Nos connaissances sur les relations entre sensibilité au stress, développement musculaire et qualités des viandes ont considérablement progressé au cours de ces dernières années grâce en particulier à l'outil que constitue le test à l'halothane.

Il apparait donc maintenant certain qu'il existe chez le Porc une liaison génétique relativement simple entre développement musculaire et sensibilité au stress (telle que nous l'avons définie précédemment). L'éliminaton ou l'utilisation judicieuse en croisement du gène responsable de la sensibilité au stress dans les populations porcines actuellement exploitées **apporteraient une réduction très importante de la mortalité en cours d'élevage ou de transport et de la fréquence des viandes exsudatives.** Est ce à dire qu'elles suffiraient à résoudre tous les problèmes posés par l'influence des stress accompagnant l'abattage sur les qualités des viandes, mais impliqueraient inéluctablement un certain« sacrifice » au niveau des qualités de carcasse ? Certainement pas.

D'une part, en ce qui concerne le développement musculaire, les résultats obtenus par OLLIVIER et al. (1978) montrent que la variabilité raciale de ce caractère n'est attribuable qu'en partie au locus de la sensibilité au stress. D'autre part, le problème des qualités de la viande de Porc ne se résume pas à celui des viandes exsudatives : si ce dernier est actuellement d'une importance primordiale, on ne saurait négliger les problèmes posés par la variabilité du pH ultime rencontrée même chez les animaux résistants au stress (rappelons que les résultats rapportés au tableau 2 ont été obtenus dans la race *Large White*). La maîtrise du pH ultime dépend au premier chef de la maîtrise des conditions d'abattage, c'est à dire d'une meilleure appréhension des relations entre l'animal et son environnement pendant la période critique qui sépare le départ de la ferme de la mise à mort proprement dite.

PRINCIPALES REFERENCES

EIKELENBOOM G., MINKEMA D., 1974. *Tijdsch. Diergeneesk,* **99**, 421-426.

LISTER D., 1977. *Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Production disease in farm animals,* 144-150, Pudoc, Wageningen (Pays Bas).

MONIN G., OLLIVIER L., SELLIER P., 1976. *Journées de la Recherche Porcine en France, 1976, 229-238, ITP, Paris.*

OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G., 1975. *Ann. Génét. Sél. Anim.* **7**, 159-166.

OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G., 1978. *Ann. Génét. Sél. Anim.* **10**, 191-208.

La liste complète des références est disponible sur demande à la Station de Recherches sur la Viande.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 55-60

INFLUENCE DE LA TYLOSINE SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DU VEAU DE BOUCHERIE

P. THIVEND

Laboratoire de la Digestion des Ruminants

La tylosine est un antibiotique * largement utilisé dans l'alimentation des porcs comme facteur de croissance mais qui a été très peu étudié dans l'alimentation du veau de boucherie. En particulier, peu d'observations ont été réalisées chez des veaux alimentés individuellement, en fonction de leur poids et de leur gain de poids. L'essai que nous avons réalisé a eu pour but d'étudier, dans ces conditions, l'influence de la tylosine sur les performances zootechniques du veau de boucherie recevant un aliment d'allaitement classique et abattu au poids moyen d'environ 165 kg.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

Animaux et logement

72 veaux mâles, de race Frisonne Pie Noire, ont été achetés à l'âge d'environ 8 jours, au poids moyen de 51 kg $\pm$ 5,8. Ils ont été logés en case individuelle, sur litière de copeaux, dans une étable chauffée et ventilée comportant 3 pièces contigües. Pendant les trois premières semaines qui ont suivi leur arrivée, ils ont tous reçu le même aliment de composition voisine de celle des aliments expérimentaux mais complémenté en antibiotiques. Pendant cette période, les veaux ont reçu les soins (vaccins contre la septicémie et la pasteurellose) habituellement dispensés au début de chaque essai. Au cours de la deuxième semaine de présence, on a procédé à la détermination de l'hématocrite des animaux.

A la suite de cette période préexpérimentale, 66 de ces veaux ont été répartis en trois lots par trios aussi semblables que possible compte tenu de leur poids vif, de leur gain de poids vif, de la valeur de leur hématocrite et de leur état sanitaire. Les trios ont été répartis au hasard dans les 3 salles expérimentales. Les 6 veaux restants ont été éliminés de l'essai, à cause de leur mauvais état sanitaire, de leur manque d'appétit ou de leur poids qui s'écartait trop de la moyenne générale.

Aliments et rationnement

Trois aliments ont été comparés (tableau 1). L'aliment témoin (Te) a été exempt de toute supplémentation en antibiotiques. Les deux autres aliments contenaient respectivement 40 (Ty 40) et 65 (Ty 65) ppm de tylosine, à l'exclusion de tout autre antibiotique. La formule des aliments utilisés dans cet essai correspond à celle d'un aliment unique classiquement employé dans la pratique.

Le plan de rationnement utilisé pendant la période préexpérimentale a été volontairement sévère pour éviter les troubles digestifs habituellement observés lorsque les animaux sont nourris de façon trop libérale. Pendant la période expérimentale, les veaux ont été alimentés deux fois par jour à 8 heures et 16 heures, au seau, en fonction de leur poids vif et de leur appétit en les limitant à un maximum compatible avec un bon état sanitaire. Le repas du dimanche soir a été supprimé à partir de la 3ème semaine de présence à l'étable. La concentration du lait a varié de 128 à 180 g de poudre par kilogramme de lait de remplacement. Le plan d'alimentation a été établi selon les normes proposées par TOULLEC et al (1978).

* antibiotique du groupe des macrolides actif sur la plupart des germes gram positifs et sur les mycoplasmes (Mc GUIRE et al, 1961).

Mesures

Les veaux ont été pesés le lendemain de leur arrivée puis à intervalle d'une semaine pendant tout l'essai. Les pesées ont toujours été réalisées le mardi en début d'après midi.

La valeur de l'hématocrite des animaux a été déterminée au cours de la 2ème semaine de mesure, puis lorsqu'ils ont atteint le poids vif d'environ 100 kg et ensuite à un intervalle de 2 semaines.

Les quantités de lait reconstitué proposées et refusées ont été pesées individuellement lors de chaque repas. L'état sanitaire des veaux et les traitements thérapeutiques effectués ont été notés individuellement. L'analyse chimique des aliments a été réalisée sur des échantillons moyens bihebdomadaires ou mensuels, obtenus à partir de prélèvements quotidiens réalisés au moment du repas du matin.

L'abattage des veaux a eu lieu lorsqu'ils ont atteint ou dépassé le poids vif de 165 kg ou lorsque leur croissance s'est ralentie (moins de 11 kg en 2 semaines). Après l'abattage, on a pesé la carcasse chaude, les dépôts adipeux périrénaux, péritonéaux et intestinaux et les différents constituants du 5ème quartier. On a noté la coloration de la viande selon une échelle de 0 à 5 (0 très pâle - 5 très rouge) et apprécié l'état d'engraissement des carcasses. L'analyse statistique des résultats a été effectuée par analyse de variance à une voie (test de Fischer suivi du test de Student).

RESULTATS

Composition des aliments et état sanitaire des animaux (tableaux 1 et 2)

La teneur en énergie brute et en matières azotées des 3 aliments Te, Ty 40 et Ty 65 a été identique. Le dosage de tylosine sur ces 3 aliments a confirmé que le témoin en était exempt.

L'état sanitaire des animaux a été satisfaisant pendant toute la période expérimentale. Dans chaque lot, un animal a été sevré respectivement au bout de 84, 105 et 84 jours, pour les lots Te, Ty 40 et Ty 65, pour cause d'anorexie sans toutefois présenter de troubles pathologiques. Un veau est mort dans le lot témoin au bout de 14 jours d'essai (ulcère au pylore), et un autre dans le lot Ty 40 au bout de 41 jours d'expérience (ictère). Enfin, dans le lot Ty 65, un animal est mort à la suite d'une météorisation (à 105 jours), et un autre à 84 jours des suites d'une congestion pulmonaire. La fréquence de ces troubles sanitaires et leur nature ne permettent pas de les relier à la nature des aliments.

Croissance et efficacité alimentaire (tableaux 3 et 4)

- *Pendant les 77 premiers jours de l'essai* (tableau 3)

Cette période s'étend du début de l'essai, jusqu'au moment de l'abattage des premiers veaux qui avaient atteint le poids vif de 165 kg.

Le gain de poids vif journalier des animaux a été plus élevé pour les veaux recevant 40 ppm (+ 6,7 %) ou 65 ppm de tylosine (4,3 %) sans toutefois que ces différences soient significatives. L'influence positive de la tylosine s'est manifestée dès la pesée effectuée à 28 jours. Elle a été identique, quelle que soit la dose de tylosine, les veaux recevant l'aliment Ty 40 ayant eu cependant une vitesse de croissance légèrement supérieure à celle des veaux du lot Ty 65.

Pour l'ensemble de la période, l'efficacité alimentaire exprimée en kilo d'aliment par kg de gain de poids vif a été améliorée par la présence de tylosine (respectivement + 5,0 et 3,8 p.100), mais les différences observées ne sont pas significatives.

-*Pendant toute la durée de l'essai* (tableau 4)

La tylosine a eu un effet favorable sur la croissance des veaux et sur leur efficacité alimentaire qui ont été significativement améliorées pour les animaux du lot recevant 40 ppm. Dans ce cas, le gain de poids vif journalier a été accru de + 6,7 % et l'efficacité alimentaire améliorée de + 7,4 %. Cette influence positive de

TABLEAU 1 : COMPOSITION DES ALIMENTS (p.100)

	Aliment témoin (Te)	Aliment expérimental (Ty 40)	Aliment expérimental (Ty 65)
Poudre de lait écrémé	61,5	61,5	61,5
Poudre de lactosérum	13,0	13,0	13,0
Matières grasses	19,0	19,0	19,0
Amidon	4,0	4,0	4,0
Condiment minéral et vitaminique	2,5	2,5	2,5
dont tylosine (p.p.m.)	0,	40	80
Composition chimique (1)			
. matière sèche % **	95,63 ± 0,27	95,85 ± 0,30	95,74 ± 0,29
. energie (Mcal/kg/MS) **	5,03 ± 0,03	4,99 ± 0,03	4,98 ± 0,01
. tylosine (p.p.m.) *	-	39,5 ± 0,9	65,3 ± 8,0

(1) Les valeurs correspondent à 6 (*) ou 4 (**) déterminations effectuées sur des échantillons bihebdomadaires (*) ou mensuels (**)

TABLEAU 2 : ÉTAT SANITAIRE DES ANIMAUX

Nombre de veaux	Te	Ty 40	Ty 65
- mis en lot	22	22	22
- abattus à plus de 165 kg	20	18	19
- abattus à moins de 165 kg	-	2*	-
- sevrés**	1	1	1
- morts	1	1	2

* Ces veaux ont été abattus respectivement au poids vif de 142 et 152 kg.

** Animaux sevrés lorsqu'ils refusaient de boire le lait proposé sans présenter de troubles pathologiques.

TABLEAU 3 : CROISSANCE ET EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

(pendant les 77 premiers jours de l'essai)

	Te	Ty 40	Ty 65
Nombre de veaux			
. au début de l'essai	22	22	22
. à 77 jours	21	21	22
Poids des veaux (kg)			
. au début de l'essai	60,4 ± 5,4	60,3 ± 5,0	60,4 ± 5,1
. à 14 jours	73,7 ± 6,4	73,6 ± 6,1	73,0 ± 6,2
. à 28 jours	85,9 ± 7,1	87,5 ± 7,0	88,1 ± 7,0
. à 42 jours	100,3 ± 8,6	103,1 ± 7,7	102,9 ± 7,7
. à 56 jours	115,3 ± 10,9	120,0 ± 9,6	118,9 ± 9,7
. à 70 jours	130,5 ± 13,0	136,1 ± 11,5	135,0 ± 11,1
. à 77 jours	139,8 ± 14,0	145,1 ± 13,2	143,0 ± 11,8
Gain de poids vif (g/j)	1030 ± 124	1099 ± 125	1074 ± 117
Efficacité alimentaire (kg d'aliment par kg de gain de poids vif)	1,710 ± 0,149	1,624 ± 0,109	1,646 ± 0,103

TABLEAU 4 : CROISSANCE ET EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

(pendant toute la durée de l'essai)

	Te	Ty 40	Ty 65
Nombre de veaux			
. au début de l'essai	22	22	22
. à la fin de l'essai	10	19	19
Poids des veaux (kg)			
. au début de l'essai	60,4 ± 5,4	60,3 ± 5,0	60,4 ± 5,1
. à la fin de l'essai	168,4 ± 2,8	169,1 ± 5,1	168,7 ± 2,9
Durée de l'essai (j)	99,0 ± 9,7	93,6 ± 9,1	96,5 ± 7,9
Gain de poids vif (g/j)	1091^{a} ± 83	1163^{b} ± 102	1119 ± 83
Efficacité alimentaire (kg/kg)	1,771 ± 0,159	$1,641^{d}$ ± 0,134	1,729 ± 0,127

a et b : $P < 0,02$; c et d : $P < 0,01$

TABLEAU 5 :CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES

	Te	Ty 40	Ty 65
Poids à l'abattage (kg)	166,3 ± 3,7	167,1 ± 4,6	165,9 ± 2,9
Poids de carcasse chaude (kg)	102,7 ± 3,2	103,3 ± 4,3	103,1 ± 4,0
Rendement commercial (p.100)(1)	61,7 ± 1,8	61,8 ± 1,8	62,3 ± 2,0
Rendement vrai (p.100)(2)	66,2 ± 1,5	66,2 ± 1,1	66,7 ± 1,9
Etat d'engraissement (3)	1,96 ± 0,33	1,93 ± 0,43	1,96 ± 0,33
Valeur de l'hématocrite :			
. au début de l'essai	33,5 ± 5,8	33,8 ± 5,8	34,2 ± 5,2
. à la fin de l'essai	18,3 ± 3,1	19,1 ± 3,1	18,7 ± 2,8
Note de coloration	2,27 ± 0,4	2,32 ± 0,30	2,24 ± 0,35

(1) $\frac{\text{Poids de carcasse chaude}}{\text{Poids vif}} \times 100$

(2) $\frac{\text{Poids de carcasse chaude}}{\text{Poids vif vide}} \times 100$

(3) Somme des dépôts adipeux périrénaux, péritonéaux et intestinaux p.100 du poids vif vide.

TABLEAU 6 : POIDS DE DIFFÉRENTS ORGANES

	Te	Ty 40	Ty 65
Tube digestif vide (kg)	8,94 ± 0,81	8,95 ± 0,83	8,99 ± 0,74
Foie (kg)	3,53 ± 0,36	3,64 ± 0,34	3,59 ± 0,41
Thymus (g)	899 ± 164	955 ± 196	875 ± 141
Reins (g)	774 ± 123	776 ± 239	752 ± 96
Pancréas (g)	167 ± 29	162 ± 33	182 ± 41
Rate (g)	411 ± 63	416 ± 134	427 ± 98
Tractus génital (g)	864 ± 135	898 ± 176	890 ± 112

la tylosine a été moins importante pour les animaux recevant 65 ppm et non significativement différente par rapport aux performances des veaux témoins (+ 2,6 % pour le gain de poids vif ; 2,4 % pour l'efficacité alimentaire). De la même façon la croissance et l'efficacité alimentaire n'ont pas été significativement différentes selon la dose de tylosine utilisée.

Caractéristiques de la carcasse (tableaux 5 et 6)

L'utilisation de la tylosine n'a pas modifié les caractéristiques de la carcasse des veaux. Le rendement (commercial ou vrai) et l'état d'engraissement de la carcasse, la coloration de la viande, ont été identiques dans les trois lots.

L'étude des variations pondérales de divers organes selon le régime des animaux a abouti aux mêmes conclusions. Le poids du tube digestif, du foie, du thymus, des reins, du pancréas, de la rate et des organes génitaux n'a pas été modifié par la présence de tylosine dans l'aliment.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'utilisation de la tylosine dans l'aliment d'allaitement a eu un effet favorable sur les performances zootechniques du veau de boucherie. Cet effet a été maximum et statistiquement significatif lorsque la dose utilisée était égale à 40 ppm.

Ces résultats confirment, dans leur ensemble, les données déjà obtenues dans différents Centres de Recherches ou Stations expérimentales (BERENDE 1970). L'objectif que nous nous étions fixé pour la croissance des veaux (1150 g/jour en moyenne) devait permettre de mettre en évidence une éventuelle amélioration de l'utilisation de l'aliment dans des conditions de croissance normale. Le gain de poids vif des animaux du lot témoin correspond en effet à une performance couramment réalisée dans les élevages de veaux utilisant des aliments d'allaitement de composition classique et à l'abri de troubles sanitaires importants. On peut donc considérer que l'effet positif de la tylosine que nous avons observé, traduit réellement une amélioration de l'utilisation de l'aliment (selon les mécanismes qui restent à étudier) sans interférence avec son effet thérapeutique.

C'est sans doute par ce dernier point que l'on peut expliquer les divergences qui existent entre nos résultats et ceux précédemment obtenus avec des régimes contenant plus de 40 ppm de tylosine. Nous n'avons observé aucun effet bénéfique avec le régime Ty 65. En revanche, certains expérimentateurs (BERENDE 1970, TIEWS 1970) ont montré qu'il existait une relation entre la dose de tylosine utilisée et l'amélioration des performances des animaux pour des aliments renfermant 40 ou 80 ppm de produit. Il est probable que ces réponses sont dues autant à l'effet facteur de croissance qu'au rôle de protection pathologique exercé par l'antibiotique. Cette hypothèse est confirmée à la fois par le fait que ces essais ont souvent été réalisés dans des conditions d'élevage moins favorables que celles du présent essai et aussi par l'importance de la réponse aux régimes 80 ppm (plus de 10 % d'augmentation de la vitesse de croissance) qui ne peut pas être expliquée uniquement par l'effet facteur de croissance.

En conclusion, dans des conditions d'alimentation et d'élevage satisfaisantes, la tylosine incorporée à raison de 40 ppm dans l'aliment d'allaitement a un effet favorable sur la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire du veau de boucherie abattu au poids vif d'environ 165 kg. Les caractéristiques de la carcasse et le poids des principaux organes du 5ème quartier ne sont pas affectés par l'utilisation de cet antibiotique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERENDE P.L.M., 1970. Experiment with tylosin in milk replacers for veal calves. *ILOB-report* 258. WAGENINGEN (Holland).

Mc GUIRE J.M., BONIECE W.S., HIGGENS C.E., HOEHN M.M., STARK W.M., WESTHEAD J., WOLFE R.N., 1961. Tylosin, a new antibiotic : I. Microbiological studies. *Antib. and Chemother.* **11**, 320-327.

TIEWS J., 1970. The nutritive effects of tylosin in milk replacer in veal calf nutrition (unpublished report).

TOULLEC R., THIVEND P., GUEGUEN L., VERMOREL M., 1978. *Alimentation des Ruminants.* Ed. INRA Publications - Route de St-Cyr - 78 000 VERSAILLES, p. 245-274

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société ELI LILLY FRANCE S.A. pour son aide financière et MM. C. MARPILLAT, M. GAGNADRE et J. MOULY pour leur aide technique dans la réalisation de ce travail.

Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A., 1979 (36) 61-75

EN PERIODE CLIMATIQUE DEFAVORABLE, QUELLE EVOLUTION OBSERVE-T-ON POUR UN GROUPE D'ELEVAGES CHAROLAIS NIVERNAIS ?

COMPARAISON DES RESULTATS ECONOMIQUES DE TROIS ANNEES (1975-1977) A CEUX DE L'ANNEE 1971

G. CARRERE* - G. LIENARD* - J.C. FAYET**
avec la collaboration de J.M. BOISSEAU* et M. DUMONT*

* *Laboratoire de Recherches sur l'Economie de l'Elevage*
** *Laboratoire d'Ecopathologie*

Nous avions déjà présenté l'évolution sur une période de 4 années (1971 à 1975), d'un groupe de 35 exploitations herbagères de la Nièvre, en majorité productrices d'animaux maigres (a). Par rapport à ce groupe initial, 32 exploitations participent toujours à notre étude. Nous analyserons leurs résultats sur une période plus récente de trois années 1975 à 1977, qui ont été marquées par des conditions climatiques défavorables :

Pour 1975 : hiver 1974/75 très pluvieux, printemps humide
1976 : sécheresse printanière et estivale très prononcée
1977 : printemps et début d'été froid et humide.

De plus, à partir de l'année 1975, nous avons inclu dans notre groupe d'étude un plus grand nombre d'exploitations, dont certaines engraissent une partie de leurs animaux. L'ensemble des « anciennes » et des « nouvelles » constitue, sur les 3 campagnes, un échantillon de 57 exploitations qui reflète peut-être mieux l'équilibre des productions de maigre et de gras de la Nièvre (1).

Rappelons ici que nous avons volontairement choisi des exploitations de grande surface (plus de 50 ha), avec une orientation herbagère marquée (plus de 70 % de la surface fourragère dans la SAU) et une production bovine dominante. Les associations bovins-ovins étant fréquentes, nous n'avons pu que chercher à les limiter, afin de faciliter l'analyse du troupeau bovin. La majeure partie de ces exploitations sont situées dans le Nivernais Central et l'Entre Loire et Allier, sauf 5 d'entre elles prises sur le Morvan à partir de 1975 et qui ne font partie que de l'ensemble des 57 exploitations.

Ces exploitations ont des systèmes de production relativement définis pour les animaux mâles ou chatrons selon l'âge de vente des produits :

- *En maigre :* veaux mâles de 9 mois, chatrons de 18 mois (système dominant), chatrons de 24 et/ou 30 mois.
- *En gras :* chatrons de 24 à 26 mois, 30 à 33 mois et 36 mois.

(1) Etude menée avec la collaboration des services de la Chambre d'Agriculture (Etude et Développement) et celle de l'E.D.E. de la Nièvre.

TABLEAU I

LES MOYENS DE PRODUCTION

Années	32 exploitations				57 exploitations		
	1971	1975	1976	1977	1975	1976	1977
1) - LA TERRE							
. S.A.U. Ha	106,7	113,5	116,6	119,7	113,5	116,6	119,4
. Céréales + A.C.V. *(1)* % SAU	20,6	24,5	25,1	26,0	20,6	21,6	22,7
. N - P - K / ha SAU	26 - 50 - 23	36 - 51 - 33	39 - 55 - 36	40 - 56 - 31	31 - 49 - 30	33 - 50 - 31	34 - 50 - 27
2) - LE TRAVAIL							
. U.T.H. Nb	2,37	2,14	2,10	2,04	2,13	2,10	2,06
. Salariés % total UTH	36,7	29,9	26,2	25,0	30,5	29,1	27,2
3) - LE CAPITAL * *(2)* (F/ha SAU)							
. Animaux	2 185	3 565	3 660	4 463	3 644	3 750	4 593
. Matériel	380	720	840	952	704	805	945
. Bâtiment	192	483	534	625	567	650	716
Total	2 757	4 768	5 034	6 040	4 915	5 205	6 254
Indice **	*100,0*	*119,4*	*115,0*	*126,2*			
4) - LE TROUPEAU							
. UGB Bovins	71,5	86,6	88,2	90,7	87,2	90,1	92,0
dont UGB Vaches *(3)*	33,2	40,6	41,2	42,9	39,5	40,5	42,0
UGB Chatrons	15,5	15,8	16,1	17,3	19,0	19,0	19,8
. UGB Ovins	4,6	4,4	5,3	5,5	6,3	6,9	6,5
Total UGB	76,2	91,1	93,7	96,4	94,8	97,2	98,8
5) - PRODUCTIVITE PHYSIQUE DU TRAVAIL							
. Nb ha SAU / UTH	44,7	52,6	55,6	59,2	53,6	55,4	57,6
. Nb d'UGB / UTH	32,1	42,9	44,8	48,1	45,3	46,7	48,2

* *En francs courants*

** *Indice francs constants (base 100 = 1971)*

(1) A.C.V. = Autres Cultures de Vente (maïs grain, féverolles, colza, pomme de terre, etc...)

(2) Capital "réduit"

(3) Vaches Charolaises : 0,86 UGB ; vaches laitières : 0,90 UGB.

L'âge de vente des femelles non conservées pour le renouvellement est plus variable et sans liaison bien établie avec celui des mâles. La majeure partie est commercialisée en maigre de 18 ou 24 mois, la presque totalité du reste est engraissé entre 30 et 36-40 mois.

Nous présenterons les résultats annuels du groupe des 32 exploitations par rapport à l'année 1971, (2) en les comparant à l'ensemble des 57 exploitations à partir de 1975. Nous commencerons par l'analyse des résultats des principales activités, céréales et bovins, avant de poursuivre par celle des résultats économiques globaux.

Remarque importante :

Les exploitations analysées ont été choisies en fonction des objectifs de l'étude qui sont de dégager les **potentialités économiques** d'un système d'élevage charolais en zone herbagère. Il s'agit donc d'exploitations de grande surface et en général bien conduites. Elles sont d'ailleurs pour la plupart suivies par les organismes de développement. Les résultats obtenus doivent donc **être considérés comme supérieurs à la moyenne et ne reflètent pas la situation de la majorité des exploitations d'élevage.**

I - MOYENS DE PRODUCTION (Tableau I)

L'évolution amorcée antérieurement se poursuit pour les 32 exploitations :

- augmentation de la surface moyenne des exploitations de 3 ha par année, (soit en 1977 : + 5,5 % et + 12 % par rapport à 1975 et 1971 respectivement), ainsi que de la part consacrée aux céréales et aux autres cultures de vente (3) dans l'assolement (+ 6 % sur les 3 dernières années, + 26 % par rapport à 1971). La fertilisation progresse mais faiblement sur les 3 dernières années ;
- diminution du nombre de travailleurs (- 19,5 % de 1971 à 1977), provenant en majeure partie d'une réduction de la main-d'oeuvre salariée ;
- accroissement du capital bâtiment + cheptel vif et mort : de 1971 à 1977, il augmente de 220 % en francs courants (soit 26 % en francs constants). Tous les postes s'élèvent de manière rapide, à la fois sous l'influence de l'inflation mais aussi avec l'effort de modernisation entrepris par ces exploitations sur le matériel et bâtiment, et avec la croissance du cheptel ;
- **progression du troupeau bovin** moyen de **27** % sur l'ensemble des 7 années avec un net ralentissement sur les 3 dernières (+ 4,7 %). Le mouvement est inverse pour les moutons : alors que le troupeau ovin était resté stable entre 1971 et 1975, il progresse fortement les 3 dernières années (+25 %), surtout du fait d'un certain nombre d'exploitations qui prennent une « orientation ovine » plus marquée.

La conséquence de l'effort de modernisation et de l'augmentation du troupeau et des surfaces, menés alors que le nombre de travailleurs diminue, est la remarquable **progression de la productivité physique du travail.** Par travailleur, sur les 3 dernières années, + 12 % d'hectares mis en valeur et d'UGB nourries ; sur les 7 ans, + **32** % d'hectares et + **50** % d'UGB.

Les résultats des 57 exploitations montrent que l'ensemble diffère peu du sous-groupe des 32, celles-ci ayant cependant une proportion de cultures (céréales + ACV) un peu plus forte.

II - RESULTATS ECONOMIQUES PAR ACTIVITE (Tableau II)

On ne considérera que les deux spéculations principales, qui influencent le plus directement le revenu global des exploitations : les cultures non fourragères et les bovins.

A - CULTURES NON FOURRAGERES

Alors que de 1971 à 1974, il y eut une augmentation presque continue des revenus tirés des surfaces céréalières, 1975 marque un reflux et un retour à des résultats médiocres qui se prolongent sur les 2 années suivantes.

(2) 1971 peut être considéré comme la dernière année « normale » avant la « crise » de fin 1973 (1972, 1973 et 1974 ont été marquées par une évolution très perturbée des cours de la viande).

(3) Autres Cultures de Vente (ACV) : maïs grain, colza, féverolle, etc...

TABLEAU II

RESULTATS ECONOMIQUES DES DIFFERENTES PRODUCTIONS

(en francs courants)

	32 exploitations				57 exploitations		
Années	1971	1975	1976	1977	1975	1976	1977
1) - CEREALES + AUTRES CULTURES DE VENTE (A.C.V.)							
* Marges céréales / ha céréales (F)	1 049	1 109	1 201	832	1 091	1 057	760
Rendement moyen / ha céréales (q)	33,6	31,0	29,4	23,7	30,1	26,8	22,6
/ ha blé hiver (q)	36,0	35,0	34,1	27,6	35,0	31,6	25,9
* Marges céréales + A.C.V./ha céréales + ACV (F)	1 039	1 056	1 185	848	1 114	1 084	772
Indice **	*100*	*70,2*	*71,8*	*47,0*			
2) - BOVINS							
* par UGB Bovin : Produit bovin (F)	1 170	1 865	1 772	2 402	1 873	1 785	2 442
Marge bovine *(1)* (F)	930	1 412	1 199	1 736	1 442	1 215	1 797
Indice **	*100*	*104,8*	*81,2*	*107,5*			
dont : primes + aides élevage (F)	7	88	8	10	85	12	16
réévaluation cheptel élèves (F)	0	167	130	286	170	137	283
* par ha SFPB : Marge bovine *(1)* (F)	848	1 515	1 312	1 899	1 545	1 327	1 942
Indice **	*100*	*123,3*	*97,5*	*129,0*			
dont : primes + aides élevage (F)	6	95	9	11	93	14	18
réévaluation cheptel élèves (F)	0	182	145	317	190	151	312
* chargement (UGB / ha SFP)	0,91	1,08	*(2)* 1,08 / 1,10	1,10	1,07	*(2)* 1,08 / 1,09	1,08
N - P - K / ha SFP	11 - 38 - 10	16 - 38 - 20	20 - 40 - 20	21 - 42 - 18	16 - 37 - 19	16 - 37 - 18	18 - 37 - 15

** *Indice francs constants (base 100 = 1971)*

(1) Marge bovine finale (frais de culture de la surface fourragère déduits)

(2) Pour 1976, en raison de la sécheresse, un certain nombre d'hectares de maïs grain ont été ensilés. Le premier chargement est calculé avec le nombre total d'ha de maïs ensilé, le deuxième ne tient pas compte de ces ha supplémentaires.

Ainsi, la marge laissée par hectare de culture traduit un mauvais résultat d'ensemble pour les années 1975 et 1976 (indice 70 en francs constants par rapport à 1971), mais elle laisse apparaître un résultat véritablement désastreux pour l'année 1977 qui se retrouve à l'indice 47. Chaque année, les rendements ont été amoindris par les mauvaises conditions météorologiques.

Pour le blé d'hiver, principale culture de vente, alors que les rendements moyens de ces 32 exploitations étaient, de 1972 à 1974, de l'ordre de 45 qx, il n'est plus que de 35 qx pour 1975 et 1976 et seulement de 28 qx pour 1977. Les aléas climatiques ont eu un effet tout aussi défavorable sur les cultures de printemps : pour l'orge, si le rendement se situe encore à 30 qx en 1975 (contre 32 en 1971), il n'est plus que de 24 et 15 qx pour les deux années suivantes. Enfin, le maïs continue à connaître des fortunes diverses : 34, 22 et 45 qx pour chacune des 3 années, alors qu'en 1971 il avait enregistré un rendement de 48,7 qx. Cette évolution rejoint d'ailleurs celle observée sur l'ensemble du département (b).

Si les mauvais résultats économiques des cultures sont influencés de manière prépondérante par les rendements, à un moindre degré ont joué également les prix de vente des cultures ainsi que les charges proportionnelles de production. Les hausses de l'énergie de fin 1973 ont eu leur plein effet sur l'année 1975 du fait des décalages des approvisionnements. De plus, ces exploitations n'ont pratiquement pas réduit leurs « consommations intermédiaires », comme le montre, entre autre, le niveau moyen de fertilisation par hectare de culture.

		1975	1976	1977
32 exploitations	N-P-K	92 - 92 - 70	92 - 93 - 78	92 - 94 - 70
	Francs	412	444	429
57 exploitations	N-P-K	83 - 91 - 68	86 - 91 - 74	88 - 94 - 71
	Francs	397	436	430

Quant aux prix de ventes de ces cultures, le Service « Etude » de la chambre d'Agriculture de la Nièvre indique qu'ils parviennent difficilement à maintenir leur niveau de 1971 : indice 95, 102, 95 pour les trois années considérées (b).

Ainsi, le sous-groupe des 32 exploitations a vu se dégrader considérablement les revenus tirés des surfaces culturales. Ce n'est pas sans conséquence sur les résultats globaux. Il en est malheureusement de même pour l'ensemble des 57 exploitations où les résultats obtenus en 1976 et 1977 sont encore plus faibles.

B - PRODUCTIONS BOVINE ET FOURRAGERE

L'évolution des résultats économiques du troupeau bovin, jugée d'après la marge brute est fonction du produit et des charges. Celle du produit s'explique par les variations des résultats techniques et des prix de vente.

a) - Les prix de vente (Tableau III)

1) - Mâles et chatrons

. MAIGRES

.Pour les animaux vendus à l'automne (9, 18 et 30 mois) :

- en 1976, les prix moyens de vente par tête des chatrons de 18 et 24 mois baissent, par rapport à 1975, car les poids de vente sont nettement plus faibles et les prix au kilo se sont tout juste maintenus. Pour les broutards, la hausse des prix au kilo compense la baisse du poids et le prix par tête se maintient.

TABLEAU III

CRITERES TECHNIQUES BOVINS

PRIX DE VENTE DE CERTAINES CATEGORIES D'ANIMAUX BOVINS

Années		32 exploitations 1971		1975	1976	1977	57 exploitations 1975	1976	1977
A) - CRITERES TECHNIQUES BOVINS (1)		(2)							
Taux de gestation	(%)	92,5		93,1	91,3	90,0	92,7	91,9	90,0
Taux de prolificité	(%)	104,1	103,9	104,0	103,8	103,1	104,2	103,7	103,0
Mortalité globale des veaux :									
- nés	(%)	10,3	10,7	10,6	9,9	9,8	10,8	10,5	11,2
- nés + achetés	(%)	10,0	10,6	10,5	9,8	9,6	10,7	10,4	11,0
Nb de veaux produits % vaches vêlées (nés + achetés)		95,7	94,7	93,9	93,9	94,5	94,7	94,5	93,1
Proportion de vaches improductives	(%)	4,1		4,9	5,1	6,4	5,5	5,7	6,9
Taux de productivité globale									
- nés	(%)	82,0		81,2	80,2	77,3	80,4	79,4	75,7
- nés + achetés	(%)	84,1		82,1	81,2	78,5	81,2	80,4	77,1
B) - PRIX DE VENTE (*)									
1) - MALES ET CHATRONS (3)									
* Maigres									
Veaux de 9 mois :	Nb/exploitation	1,6		4,3	3,4	3,1	3,8	3,7	3,5
	Prix		1 687	2 410	2 444	2 956	2 408	2 225	2 986
Chatrons 15-20 mois :	Nb/exploitation	10,0		8,5	10,6	9,1	6,3	8,5	6,8
	Prix		2 102	3 162	3 111	4 260	3 107	3 130	4 310
Chatrons 30 mois :	Nb/exploitation	2,9		2,1	2,3	2,0	2,1	2,2	2,2
	Prix		2 489	3 614	3 808	5 214	3 879	3 882	5 119
Chatrons 22-24 mois :	Nb/exploitation	2,5		1,9	2,0	1,5	2,4	2,3	1,5
	Prix		2 296	2 990	3 716	4 364	3 038	3 693	4 470
* Gras									
Chatrons 24-26 mois :	Nb/exploitation	0,1		0,5	0,1	0,4	0,5	0,3	0,7
	Prix		2 300	3 391	4 976	4 607	3 608	4 145	4 594
Chatrons 30-33 mois :	Nb/exploitation	0,9		1,7	1,4	1,5	3,3	2,9	2,2
	Prix		3 425	4 789	5 405	6 398	4 728	5 363	6 331
Chatrons 36 mois :	Nb/exploitation	0,5		0,6	0,8	0,9	1,3	1,4	1,3
	Prix		2 713	4 391	4 714	5 269	4 210	4 521	5 323
2) - GENISSES (3)									
Génisses 18 mois : (maigres)	Nb/exploitation	2,2		1,9	2,0	3,6	1,6	1,6	2,7
	Prix		1 781	2 725	2 892	3 709	2 661	3 049	3 928
Génisses 22-24 mois : (maigres)	Nb/exploitation	3,6		4,2	4,3	4,2	3,2	3,2	3,3
	Prix		1 941	1 682	3 122	3 375	3 124	3 117	3 373
3) - VACHES DE REFORME (3) (4)									
	Nb/exploitation	7,9		9,5	10,2	10,6	9,3	10,4	10,3
	Prix		2 136	3 382	3 653	3 985	3 428	3 698	4 155

(*) En francs courants
(1) Ensemble du troupeau allaitant - toute race (charolaises + croisées + laitières). (3) Tout Etat et Toute Race
(2) Bilan de reproduction complet pour 19 exploitations seulement (4) Maigres + Grasses

Ensemble des 57 exploitations*		1975	1976	1977
Veaux 9 mois	Poids	278	242	285
	F/Kg vif . .	8,70	9,60	10,40
Chatrons 18 mois	Poids	445	427	453
	F/Kg vif . .	7,00	7,00	9,60
Chatrons 30 mois	Poids	582	557	542
	F/Kg vif . .	6,89	6,84	9,50
Chatrons 24 mois	Poids	476	464	487
(début année)	F/Kg vif . .	6,51	7,60	9,10

* sont concernés ici les seuls animaux dont le poids de vente est connu (plus de 90 p.100 du total). Leurs valeurs par tête sont légèrement supérieures à celles du tableau III qui sont relatives à l'ensemble de tous les animaux vendus (malades et accidentés compris).

- En 1977, nous retrouvons des poids à peu près équivalents à ceux de 1975, avec des cours bien plus élevés. Seule, la catégorie des chatrons de 30 mois a un poids de vente plus faible, conséquence à la fois des faibles croissances de l'été et de l'hiver précédent et de la hausse des cours qui a, dans certains cas, incité les éleveurs à anticiper certaines ventes en août et septembre.

Au total, les prix moyens de vente (par tête) ont nettement augmenté entre 1975 et 1977, mais d'une façon différente selon les catégories : 22,6 % pour les broutards de 9 mois, 34,7 % et 44,0 % respectivement pour les chatrons de 18 et 30 mois.

. **Pour les chatrons de 22-24 mois, vendus en début d'année,** l'évolution peut être différente, tant pour les poids que pour les cours. Les poids, intermédiaires entre ceux des 18 et des 30 mois, dépendent à la fois des conditions de l'automne et de l'hiver précédent et de la conjoncture, car le nombre d'animaux vendus est fonction des cours du moment mais aussi de ceux de l'automne précédent. En 1975, ces animaux n'ont pas entièrement profité de la reprise des cours après la mauvaise année 1974. En 1976, ils n'ont pas subi les effets de la sécheresse, puisqu'ils étaient vendus avant. En 1977, ils ont bénéficié de la reprise des cours qui s'est faite pendant l'hiver et leurs prix sont en augmentation de près de 46 % sur ceux de 1975.

Par rapport à 1971, en francs courants, les prix moyens de vente ont plus que doublé pour les chatrons de 18 et 30 mois, l'augmentation n'est que de 90 et 75 % pour les chatrons de 24 mois et les broutards de 9 mois.

GRAS

Peu d'animaux de cette catégorie sont vendus dans le sous-groupe des 32 exploitations ; il y en a bien davantage dans l'ensemble des 57. On observe sur les 3 dernières années une progression constante du prix moyen des animaux. Celle-ci est reliée à une hausse régulière des prix au kilo. Les poids de vente des chatrons de 36 mois sont en constante augmentation, alors que la sécheresse a affecté la production des 30-33 mois, du moins pour l'ensemble des exploitations, car chez les exploitants spécialistes de ce type de production, on n'a pas retrouvé ce fléchissement.

ensemble des 57 exploitations*		1975	1976	1977
Chatrons 30-33 mois Gras :	Poids net	391	379	407
(automne)	F kg net	12,40	14,00	15,57
Chatrons 36 mois Gras :	Poids net	369	375	386
(début année)	F/kg net	11,00	12,0	13,56

* sont concernés ici les seuls animaux dont le poids de vente est connu (plus de 90 p.100 du total). Leurs valeurs par tête sont légèrement supérieures à celles du tableau III qui sont relatives à l'ensemble de tous les animaux vendus (malades et accidentés compris).

Par rapport à 1975, l'augmentation des prix moyens de vente par tête en 1977 est de 34 % pour les chatrons de 30-33 mois gras vendus à l'automne et de 26 % pour ceux de 36 mois vendus en début d'année.

2) - Femelles

L'évolution des génisses vendues maigres reflète celle des mâles de la même catégorie d'âge.

Le prix moyen de l'ensemble *des vaches* évolue peu les deux premières années, et fortement la dernière année, avec une augmentation de 21 % par rapport à 1975 (+ 86 % par rapport à 1971).

Ensemble des 57 exploitations		1975	1976	1977
. Vaches maigres (×) (nb moyen)	Poids vif	(3,55) 615	(4,6) 621	(5,6) 614
	F/kg vif	5,38	5,90	6,79
. Vaches grasses (×) (nb moyen)	Poids net	(2,6) 358	(3,35) 355	(2,7) 355
	F/kg net	11,22	12,05	13,92

(x) Charolaises uniquement (le nombre ( ) correspond au total vendu par exploitation, les poids et prix de vente sont relatifs à un nombre un peu plus faible, certains poids n'étant pas connus).

Le nombre de vaches vendues maigres est plus élevé que celui des vaches vendus après engraissement. Les poids de vente varient peu. Les prix moyens correspondent à des ventes sur toute l'année et ils intègrent les fluctuations saisonnières : ils évoluent de la même façon pour les vaches vendues maigres et pour celles vendues pour la boucherie.

En conclusion, les prix de vente des animaux, facteur essentiel du revenu dans ce type d'exploitation, résultent à la fois des variations de poids et des fluctuations des cours, les deux évolutions interférant partiellement l'une sur l'autre. Au total, en considérant l'ensemble des ventes d'animaux et par rapport à 1971, l'année 1975 peut être considérée comme légèrement « favorable », l'année 1976 est nettement « défavorable » et l'année 1977 est assez nettement « favorable » puisque l'ensemble des catégories d'animaux aussi bien maigres que gras ont connu une hausse générale. Mais ces évolutions doivent être resituées par rapport à celles des autres facteurs.

b) - Productivité du troupeau de vaches (tableau III)

Les résultats de productivité du troupeau de mères diminuent. En 1971, 82 % de taux de productivité globale puis 81, 80 et 77 % pour les 3 années étudiées, dans le sous-groupe des 32. Les résultats sont un peu plus faibles pour l'ensemble des 57, où l'on observe la même évolution que dans le sous-groupe des 32.

Les taux de gestation qui sont de bon niveau pour les années 1971 et 1975, deviennent faibles en 1976 et 1977. En 1976 c'est la conséquence du printemps pluvieux et tardif de 1975, et en 1977 cela résulte de la sécheresse de l'année précédente.

Le taux de prolificité correspond aux caractéristiques de la race charolaise ; à noter sa légère diminution pour le vêlage 1977, conséquence probable des conditions difficiles d'alimentation de l'année précédente. En revanche, le taux de mortalité diminue légèrement en-dessous de 10 % les années 1976 et 1977 pour les échantillons des 32 (alors qu'il reste compris entre 10 et 11 % pour les 57 exploitations). L'ensemble de ces deux phénomènes se traduit par un nombre de veaux vivants par vache vêlée sensiblement égal suivant les années pour le groupe des 32, alors qu'il diminue en 1977 pour l'ensemble des 57.

Enfin, critère important sur le plant économique, la proportion des « vaches improductives » sur les exploitations, de l'ordre de 4 % en 1971, tend à augmenter au fil des années, surtout en 1977 où elle atteint 6,4 (et 6,9 % pour les 57). En effet, face à un plus grand nombre de vaches restées vides de la saillie 1976, le réflexe de quelques exploitants a été de les conserver, ce qui pénalise le taux de productivité globale du troupeau bovin.

c) - Le produit bovin par U.G.B. Bovin (tableau II)

Le produit bovin diminue de 5 % en 1976 par rapport à l'année 1975 pour augmenter très fortement en 1977, + 35 % par rapport à 1976 et + 29 % par rapport à 1975. Ainsi, l'évolution du produit a surtout suivi celle des cours des bovins, la forte hausse de 1977 enrayant les effets d'une moindre productivité du troupeau de mères. Cette hausse des cours influe non seulement sur le prix de vente des animaux mais aussi sur la valeur des **élèves** non vendus et restant à l'inventaire (ainsi, en 1977, près de 12 % du produit correpond à la réévaluation des élèves entre début et fin d'année (4) ce qui est beaucoup). L'importance des primes et aides directes à l'élevage bovin est faible en 1976 et 1977, elle est plus élevée en 1975 et correspond à la mévente des animaux de 1974 dont les compléments de prix n'ont été perçus que l'année suivante.

d) - Les charges proportionnelles et marges bovines finales par U.G.B. Bovin

Les charges proportionnelles ont augmenté presque régulièrement au cours des trois années. Les causes en sont toujours les mêmes, et correspondent à l'accroissement de quelques postes clefs : frais de fertilisation de la surface fourragère (augmentation des quantités et des prix), charges d'alimentation et frais vétérinaires. Cela ressort bien du tableau ci-dessous, où sont rapportés les montants par U.G.B. des charges qui ont le plus progressé.

En F/UGB (32 exploitations)	1971	1975	1976	1977
(*en francs courants*)				
- Aliments concentrés achetés	20,8	47,5	103,9	121,8
- Aliments concentrés prélevés	68,6	112,7	145,3	165,9
Total aliments concentrés	89,4	160,2	249,2	287,7
- Aliments grossiers achetés	1,6	5,0	32,2	28,4
- Frais vétérinaires	57,7	95,5	97,1	118,5
TOTAL charges	240,0	453,0	573,0	666,0
Indice	100	130	150	160

On constate que la sécheresse de 1976 a pénalisé les exploitations en les obligeant à donner davantage de céréales produites sur l'exploitation aux animaux et à accroître les achats d'aliments concentrés et grossiers, ceci pénalisant aussi bien l'année 1976 que l'année 1977 (compte tenu de la séparation des campagnes au 1er janvier).

Globalement, les charges ont augmenté de 45 % en 1977 par rapport à 1975, et de 280 % par rapport à 1971 (ce qui les met à l'indice 160 en francs constants).

La marge bovine suit l'évolution du produit. En 1975, les charges étant relativement moyennes, la marge est à l'indice 105 par rapport à 1971. En 1976, le produit diminue alors que les charges augmentent fortement, aussi la marge tombe-t-elle à l'indice 81. Enfin, en 1977, les séquelles de la sécheresse se font toujours sentir au niveau des charges mais la hausse du produit est telle que la marge revient à l'indice 107 par rapport à 1971.

Les résultats de l'ensemble des 57 exploitations présentent la même évolution mais sont légèrement plus élevés, car les produits et marges par UGBB sont en général meilleurs dans les exploitations pratiquant l'engraissement (*c*) (*étude à paraître*).

e) - Conséquence sur l'importance du troupeau bovin. Marge par hectare de surface fourragère consacrée aux bovins (ha S.F.P.B.)

(4) La réévaluation monétaire du cheptel reproducteur n'est pas inclue dans le Produit Bovin mais dans le compte Pertes et Profits.

TABLEAU IV

RESULTATS ECONOMIQUES GLOBAUX

(en francs courants)

Années	32 exploitations 1971	32 exploitations 1975	32 exploitations 1976	32 exploitations 1977	57 exploitations 1975	57 exploitations 1976	57 exploitations 1977
I - RESULTATS ECONOMIQUES GLOBAUX							
1) - EN FRANCS / HA SAU							
Produit brut d'exploitation	1 157	1 918	1 939	2 342	1 980	1 971	2 443
Charges proportionnelles (affectables) ...	229	463	536	608	448	539	611
Marge brute	928	1 455	1 403	1 734	1 532	1 432	1 832
Charges de structure réelles (+ *(1)*).....	528	874	957	1 148	891	978	1 169
Revenu Agricole	410	581	446	586	641	454	663
Revenu du travail et des capitaux propres d'exploitation	440	603	467	599	674	487	688
Indice **	*100*	*94,6*	*66,8*	*78,4*			
2) - EN FRANCS / TRAVAILLEUR (UTH)							
* Revenu du travail et capitaux propres d'exploitation							
. avec réévaluation cheptel élèves	19 453	30 760	25 303	34 067	34 826	26 652	37 942
Indice **	*100*	*109,2*	*81,9*	*100,8*			
dont indice sans prime ni aide **	*100*	*95,7*	*70,2*	*96,8*			
. sans réévaluation cheptel élèves	19 453	23 805	19 738	21 136	27 237	20 620	24 949
Indice **	*100*	*84,5*	*63,9*	*62,5*			
* Revenu du travail (avec réévaluation cheptel élèves)	11 787	15 188	4 586	12 529	18 637	5 325	16 241
Indice **	*100*	*89,0*	*24,5*	*61,2*			
* dont :.total primes + aides	217	3 982	3 630	1 381	4 028	3 730	1 816
.réévaluation cheptel élèves	0	6 955	5 565	12 931	7 589	6 032	12 993
II - DETAILS DE CERTAINES CHARGES REELLES							
a) - PROPORTIONNELLES - Engrais	89	202	210	220	185	187	194
- Aliments concentrés achetés	36	47	95	111	59	122	142
- Vétérinaires	43	82	80	97	78	79	97
b) - DE STRUCTURE - Travail	127	162	166	177	162	167	181
- Mécanisation	126	242	257	357	233	249	348
- Bâtiment	12	36	49	58	35	54	56
- Foncier	179	264	301	349	275	321	366
- Divers	60	100	100	118	103	101	118
- Frais financiers .	21	60	79	82	64	79	87
TOTAL	525	864	952	1 141	872	971	1 156
Indice **	*100*	*114*	*114*	*125*			
c) - CRITERES SPECIFIQUES							
Charges salariales *(2)*/UTH salariés(F)	12 554	21 637	26 110	28 619	23 153	26 593	27 591
Fermage / ha affermé (F)	193	315	332	380	319	348	389

** *Indice en francs constants (base 100 = 1971)*

(2) Salaires + avantages en nature + Charges sociales salariées

(1) Charges de structure réelles + charges proportionnelles non affectables.

Nous avons vu que sur les 3 dernières années, la croissance du cheptel bovin s'est poursuivie, quoique à un rythme ralenti par rapport à la précédente période. Les difficultés liées à la sécheresse n'ont pas arrêté ces éleveurs pour lesquels la production bovine est dominante. Ils ont continué à augmenter le nombre d'animaux tout en diminuant la surface fourragère, ce qui contribue à faire progresser légèrement le chargement en animaux. En 1975, celui-ci, avec 1,08 UGB/ha SFP, était déjà supérieur de 18 % au résultat de 1971. 1976 est une année spéciale: la sécheresse réduisant les disponibilités en fourrage, oblige un certain nombre d'exploitations à ensiler des hectares de maïs destiné à être récolté en grains. Si l'on tient compte de ces hectares dans la surface fourragère, le chargement est équivalent à celui de 1975. En année normale, il aurait donc été supérieur et proche de celui observé l'année 1977 (1,10 UGB/ha SFP soit 21 % de plus qu'en 1971). Le chargement est, en moyenne, du même ordre pour l'ensemble des 57 exploitations (1,08 en 1977).

Ces valeurs moyennes correspondent à des variations allant de 0,8 à 1,5 UGB/ha SFP, et le facteur de dispersion le plus important est, comme on peut s'y attendre, la surface : ainsi, en 1977, il atteint 1,15 pour 13 exploitations de 30 à 80 ha, 1,08 pour 24 exploitations de 80 à 120 ha et 1,05 pour 20 exploitations de 120 à 230 ha. A ces niveaux moyens, et dans les conditions climatiques sévères que l'on vient de connaître, la progression devient difficile et beaucoup plus lente que par le passé, du moins avec les techniques d'intensification employées par la majeure partie des éleveurs du groupe (maïs ensilage nécessairement limité mais surtout amélioration des techniques de pâturage avec une progression modeste de la fertilisation, mais encore peu d'ensilage d'herbe). Cependant, sur ce point, **ce ne sont probablement pas les techniques employées qui sont l'élément explicatif déterminant mais plutôt les problèmes financiers** (voir plus loin).

L'évolution de **la marge par hectare de surface fourragère** (consacrée aux bovins) suit les fluctuations de la marge/UGB, mais l'amélioration du chargement permet une certaine progression des résultats : en francs constants, la marge est à l'indice 123 en 1975, elle retombe en-dessous de 100 en 1976 et elle atteint l'indice 129 en 1977. Constatation importante, la marge par ha SFPB était inférieure à celle des cultures de vente en 1971 (comme en 1973 et 1974), mais les 3 dernières années, du fait des revers rencontrés sur les céréales, la situation s'est nettement inversée en faveur des bovins (surtout en 1977, où l'écart dépasse 1 000 F).

II - RESULTATS ECONOMIQUES GLOBAUX (tableau IV)

a) - Les produits augmentent mais les charges progressent davantage

Outre les bovins et les cultures de vente, le produit brut global prend en compte les ovins, les productions annexes qui représentent peu de chose, et les aides de caractère général, essentiellement les indemnités sécheresse réparties sur 1976 (pour l'essentiel) et 1977. Par hectare SAU, et par rapport à 1971, le produit augmente des 2/3 en 1975, stagne en 1976 et double en 1977, alors que les charges proportionnelles croissent régulièrement chaque année et beaucoup plus rapidement, sous l'influence à la fois de l'utilisation accrue des approvisionnements et de la hausse des prix. Aussi, la **marge brute globale** qui représente 80 % du produit en 1971 n'en représente plus que 74 % en 1977 ; finalement, elle ne progresse que faiblement en francs constants: elle est à l'indice **108** en 1975, à l'indice **95** en 1976 et se retrouve à l'indice **108** en 1977, malgré la nette amélioration de la marge bovine.

Face à cette progression modérée de la marge, les **charges réelles de structure** augmentent tous les ans et plus intensément : en francs courants, + 13 à + 14 % par an entre 1971 et 1975, + 10 % entre 1975 et 1976, + 20 % entre 1976 et 1977, soit + 117 % sur les 7 années. Ceci dépasse largement l'inflation générale ; ainsi, en francs constants, les charges de structure sont à l'indice **114** en 1975 et 1976 et à l'indice **125** en 1977.

Cette accélération est due à deux phénomènes de base : 1) - l'effort de modernisation incontestable accompli par ces exploitants tant dans le domaine du matériel que, plus nettement encore, dans celui des bâtiments ; 2) - le fait que beaucoup de charges de structure incorporent des facteurs dont les coûts ont progressé plus rapidement que la moyenne des prix, comme les Services et l'Energie. Il en est ainsi des frais de mécanisation (+ 180 % entre 1971 et 1977), qui s'accroissent à la fois sous l'influence du coût des services (entretien) et du carburant et du fait de la modernisation des équipements. De même, pour la hausse très importante du poste Bâtiment (+ 380 %) qui est directement liée à la rénovation des installations entreprise chaque année par certains éleveurs du groupe. Celle des frais financiers (+ 190 %) résulte de la hausse des

taux d'intérêts et surtout de l'endettement croissant (voir plus loin). La hausse du foncier est moins forte (+ 95 %) mais elle reste supérieure à l'inflation, conséquence de la montée rapide des fermages (liée au prix de la viande et à l'extension des ventes d'herbe) à laquelle s'ajoutent les amortissements de certains drainages effectués depuis 1971. La progression des charges de structure aurait été plus importante encore s'il n'y avait eu réduction de la main d'oeuvre salariée : en effet, l'ensemble des charges de travail (salariales et charges sociales de la famille) n'augmente que de 39 % alors que le coût d'un travailleur salarié, charges sociales incluses, s'accroît de 130 % sur les 7 années.

b) - Les revenus stagnent ou regressent

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant de voir le revenu **par hectare** s'accroître très faiblement en francs courants et régresser en francs constants que ce soit le revenu agricole ou le revenu du travail et des capitaux propres d'exploitation (5). Ce dernier est à l'indice **94** en 1974, il tombe à l'indice **66,8** en 1976 et ne remonte qu'à l'indice **78,4** en 1977.

Heureusement, la progression de la productivité du travail, résultant de l'augmentation de la surface et de la réduction de la main d'oeuvre, a permis une évolution moins défavorable des revenus par **travailleur.** Ainsi, le revenu du travail et des capitaux par UTH passe, en francs constant, à l'indice **109**, en 1975, mais il est à l'indice **82** en 1976 et il ne remonte qu'à **100** en 1977, malgré le caractère relativement favorable de l'année. A noter que l'ensemble des « aides » (indemnités de caractère général et aides du compte bovin, y compris les compléments de prix ONIBEV) a représenté 13 et 14 % du revenu en 1975 et 1976, mais il n'en représente plus que 4 % en 1977 (contre 1 % en 1971).

Les résultats globaux des 57 exploitations sur les 3 dernières années connaissent la même évolution mais ils sont légèrement plus favorables (+ 10 % de revenu/UTH en 1975 et 1977) en partie grâce aux résultats généralement meilleurs obtenus par les exploitations pratiquant l'engraissement.

c) - L'endettement croissant des exploitations

Une telle évolution des revenus a eu pour conséquence une stagnation, voire en 1976 une véritable régression des capacités d'autofinancement des exploitations. La croissance en capital des exploitations, que nous avons notée, a du se faire au prix d'un endettement croissant comme on le constate dans le tableau ci-contre : compte tenu de l'agrandissement des exploitations, il est préférable de considérer les résultats **moyens par** entreprise plutôt que par hectare.

Face à la progression du capital fixe, qui est multiplié par 2,4 en 7 ans, à la fois du fait de la hausse des cours du cheptel et de la croissance réelle des investissements, les emprunts d'exploitation progressent 2 fois plus vite, puisqu'ils sont multipliés par 4,8. Les emprunts à long et moyen terme (L.M.T.) progressent plus rapidement que l'ensemble (× 5,3) en partie du fait des « emprunts calamités » qui ont été accordés chaque année à partir de 1974, au titre des céréales, du maïs et surtout de la sécheresse 1976. Ainsi, les L.M.T. représentent près du **tiers** du capital fixe fin 1977, contre **15 %** pour 1971. Evolution très significative également, les Courts Termes, non compris les dettes fournisseur ni les O.C.C., progressent également très rapidement, surtout en 1976 : il s'agit essentiellement des emprunts engraissement (accordés dans le cadre des contrats d'Elevage ONIBEV) et surtout des « délégations de récolte » (paiement des approvisionnements par anticipation des recettes sur céréales) ; les courts termes régressent cependant fin 1977, grâce aux meilleures ventes sur les bovins, et aussi parce que quelques exploitants avaient, par sécurité, opté pour le maximum possible d'emprunts sécheresses reçu en début d'année 1977.

A ceci, s'ajoutent les emprunts fonciers qui ont beaucoup augmenté entre 1971 et 1975, et qui depuis ne progressent plus que très modérement (au total 70 % en 7 ans).

L'ensemble des **remboursements** à effectuer dans l'année représentait déjà **36 %** du Revenu Agricole en 1971, dont 23 % pour les L.M.T. et annuités foncières, remboursements non différables. Ils atteignent près de **60 %** en 1975 et **88 %** en 1976, du fait de la chute du revenu. En 1977, le revenu augmente mais les sommes à

(5) Revenu du travail et des capitaux propres d'exploitation = Revenu Agricole + Salaires et Avantages - Charges foncières supplétives. Ce critère permet une meilleure comparaison des résultats économiques entre les différentes exploitations.

32 exploitations *	1971	1975	1976	1977
1) CAPITAL FIXE d'exploitation				
(1) (2) F/exploitation	291 329	524 020	574 900	703 130
2) EMPRUNTS *(1)*				
21) Emprunts d'exploitation				
Courts termes *(3)F/expl.*	6 938	14 931	18 504	11 460
L.M.T. " "	43 488	126 467	167 908	229 164
(dont MT"calamite") *(F/expl.)*	(0)	(17 774)	(18 022)	(65 786)
TOTAL " "	50 426	141 398	186 412	240 624
22) Autres emprunts				
Foncier ....." ..." ...	41 122	62 696	65 623	70 026
Habitation ....." ..." ...	3 770	12 917	13 370	14 160
23) TOTAL ENDETTEMENT "..." ...	95 318	217 011	265 405	324 810
3) REMBOURSEMENT dans l'exercice *(F/exploitation)*				
31) L.M.T. (capital)	5 618	14 734	18 854	20 507
32) C.T. (capital)	5 963	15 060	16 346	19 918
33) Foncier (annuités) ...	4 318	9 487	10 293	10 044
TOTAL 31) 32) 33)	15 899	39 281	45 493	50 469
% du revenu agricole	*37*	*59*	*87*	*72*
4) NOUVEAUX EMPRUNTS d'exploitation contractés dans l'exercice *(1)*				
41) L.M.T.		46 167	46 929	59 101
42) C.T.		14 931	18 504	11 460
TOTAL		61 098	65 433	70 561

* *Ensemble des sommes en francs courants*

(1) Situation au 31 décembre de chaque année

(2) Capital fixe = capital réduit : cheptel + matériel + bâtiment (non compris les stocks, valeurs en terre et liquidités)

(3) Non compris les dettes fournisseurs et les O.C.C.

rembourser ont encore progressé en raison des nouveaux emprunts contractés en 1976, et elles représentent encore 72 % du revenu. Devant de telles propositions, on comprend bien que toute nouvelle croissance, ou désormais toute année difficile sur le plan du revenu exigent le recours à de nouveaux emprunts, eux-mêmes générateurs de charges pour l'avenir. Des taux d'endettement encore plus élevés, dépassant 50 % , et des charges de remboursement plus lourdes sont signalés par le Centre de Gestion, pour d'autres types d'exploitations du département notamment des exploitations plus céréalières (d). Le problème des prochaines années sera bien de maîtriser cette progression.

CONCLUSION

L'évolution que nous venons d'analyser montre bien les conséquences financières d'une succession d'années difficiles dans ce type d'exploitations de polyculture élevage situées en zone herbagère, dès lors qu'elles ont entrepris une croissance et des investissements. Il s'agit pourtant d'exploitations qui sont, pour la plupart, gérées correctement et qui ont progressé sur le plan technique, nous y reviendrons dans des analyses plus détaillées.

Elle montre la difficulté de trouver un bon équilibre entre les productions fourragères et céréalières. Celles-ci ont généralement pour rôle d'assurer les financements à court terme, et les progrès réalisés aux débuts des années 1970, grâce à une succession de campagnes climatiquement favorables, avaient peut-être fait oublier les contraintes du milieu, notamment la nécessité de ne les envisager que sur sols bien drainés. Le drainage est peut-être l'amélioration de base la plus importante pour ce type d'exploitation.

La voie suivie pour le développement du troupeau bovin est bonne. Certes, la productivité du troupeau de mères ne progresse pas, mais cela est toujours difficile en période de croissance du troupeau ; elle a surtout évolué en fonction de la reproduction qui reste très dépendante des conditions de la mise à l'herbe ; en revanche, la mortalité, facteur essentiel sur le plan économique, tend plutôt à légèrement régresser. Le poids des animaux a progressé mais cela est difficile à mettre en évidence, au niveau global des ventes, dans un système à cycle long, surtout compte tenu de la succession des aléas climatiques et des fluctuations de la conjoncture, qui modifient les époques de vente. Cependant, certains signes de progrès sont incontestables, tel l'avancement des dates moyennes de vêlage (pour les 57 exploitations, au 18 mars, avec 73 % des vêlages avant le 1er avril), ou l'amélioration de l'alimentation pendant le 1er hiver. Des différences importantes existent d'ailleurs entre les exploitations, qui montrent les progrès possibles.

L'évolution la plus marquante a cependant été la croissance du troupeau par travailleur, mais celle-ci n'est possible qu'au prix d'investissements importants générateurs de charges fixes. Face à cette montée des charges, à laquelle s'ajoutent les effets d'une inflation différentielle provenant des coûts des services et de l'énergie, les éleveurs ne peuvent plus supporter les conséquences d'une irrégularité des revenus provenant des céréales ou des bovins. Or, les difficultés se poursuivent. L'année 1978 a certes été favorable aux céréales, mais les cours des bovins ont reflué à l'automne 1978, époque où s'effectue l'essentiel des ventes. Et l'année 1979 s'annonce difficile, la mévente se poursuit sur les bovins, la future récolte de céréales paraît dans certains cas compromise par le gel et surtout l'excès d'humidité.

Cet enchaînement montre l'urgence des mesures à prendre. Une des conditions essentielles du maintien de l'orientation des productions de ces exploitations situées en zone difficile et spécialisées sur les vaches allaitantes serait bien une meilleure régularité des recettes bovines permise par le soutien des prix des animaux maigres comme des animaux gras. Les difficultés d'intensification inhérentes aux troupeaux allaitants et qui ressortent bien de l'évolution analysée ici militent également pour l'instauration d'un soutien différentiel à ces types de troupeaux menés en exploitation spécialisée, d'autant plus qu'ils s'avèrent, dans la conjoncture présente, essentiels pour l'équilibre des productions de lait et de viande.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous ceux qui ont permis cette étude, les Organisations Professionnelles de la Nièvre, Service Etude, Service Développement et E.D.E., et plus particulièrement les 57 éleveurs de la Nièvre qui ont accepté de collaborer avec nous.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(a) CARRERE G., LIENARD G., 1976. Résultats économiques d'un groupe d'élevages de vaches charolaises (évolution sur 4 ans : 1971-1974). *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 23, 19-34.

(b) Service Etude de la Chambre d'Agriculture de la Nièvre (M. DOLBEAU), 1979.
. Rendement moyen des céréales et des oléagineux
. Evolution des résultats économiques dans les exploitations céréalières de la Nièvre.

(c) CARRERE G., LIENARD G., FAYET J.C., 1978. Résultats obtenus en 1976, année de sécheresse, par un groupe d'élevages Charolais pratiquant différents systèmes de production. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 31, 23-36.

(d) Centre d'Economie Rurale et de Comptabilité de la Nièvre (M. CORBEX), 1978. Etude de groupe, campagne 1977.

LES 11e JOURNEES DU GRENIER DE THEIX

Les 11e Journées du Grenier de Theix organisées par le Centre INRA de Theix se sont déroulées les 21, 22 et 23 mars au Lycée Agricole de Marmilhat, près de Clermont-Ferrand, sur le thème « *La prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants* ». 300 personnes qualifiées (enseignants ; ingénieurs du développement, des industries de l'alimentation du bétail et des laboratoires d'analyses), dont certains venaient de Belgique, d'Espagne, du Portugal, de Suisse et d'Afrique du Nord, ont suivi les 20 exposés présentés par des chercheurs de l'INRA, des enseignants et des ingénieurs des instituts techniques ou de l'industrie de l'alimentation animale.

Les modifications profondes apportées dans les systèmes et unités d'expression de la valeur des aliments impliquent en effet que soient proposées de nouvelles méthodes de calcul de ces valeurs reposant sur les connaissances acquises au cours des dernières années.

LES FOURRAGES :

Les nombreux résultats accumulés par l'INRA sur des fourrages verts, fanés ou ensilés (2500 mesures de digestibilité sur moutons) permettent de présenter des tables rénovées et très complètes de la valeur alimentaire des fourrages selon leurs caractéristiques. Ces tables prendront le relais des tables précédentes parues en 1971. Par ailleurs, des équations et des abaques permettant de prévoir la valeur des fourrages, connaissant leur nature, leur stade de végétation à la récolte ainsi que leur teneur en azote et cellulose brute, sont proposées. Des améliorations seront encore possibles lorsque les méthodes enzymatiques de dosage de la teneur en membranes seront au point.

On peut aussi prévoir les quantités de fourrages que les animaux peuvent ingérer, avec moins de précision toutefois que la valeur énergétique ou azotée, mais cette indication est indispensable pour utiliser au maximum les fourrages dans les rations des ruminants.

Compte tenu des tables et abaques qui seront bientôt fournies aux utilisateurs, on peut utiliser plus rationnellement les analyses fourragères, les conditions nécessaires à leur bonne valorisation ayant été définies et discutées au cours de cette réunion, en particulier dans le cas des ensilages.

LES ALIMENTS CONCENTRES ET COMPOSES :

On peut prévoir leur valeur énergétique et azotée grâce aux tables INRA parues en 1978, et par des équations à partir de leur teneur en cellulose brute et en azote.

Pour la valeur énergétique, la précision obtenue avec cette équation est bien supérieure à celle obtenue avec l'équation du Professeur LEROY (méthode officielle depuis 1949), bien qu'elle ne rende pas bien compte de la valeur énergétique de certains aliments (pulpes, coques de soja). Son utilisation et son amélioration proposées par D. SAUVANT (Zootechnie, INA) ont été discutées par les participants.

Les valeurs azotées exprimées en « PDI » permettent en particulier de mieux raisonner l'utilisation de l'azote non protéique. Les études en cours doivent, à terme, aboutir à une meilleure estimation de la dégradabilité des matières azotées, sans doute par des méthodes enzymatiques.

Ont été également exposés et discutés : la composition minérale des aliments, les caractéristiques physiques des aliments composés, les possibilités d'identification microscopique des constituants des aliments, l'intérêt et les limites d'utilisation des additifs, les règlementations actuelles en projet concernant les méthodes d'analyse, la commercialisation des aliments, les additifs.

Ces journées ont permis de proposer de nouvelles méthodes de prévision de la valeur des aliments, de soulever les problèmes que posent ces méthodes et de confronter les points de vue des utilisateurs (éleveurs et leurs conseillers ou fabricants d'aliments composés).

Le programme de ces Journées a été le suivant :

FOURRAGES

Mercredi 21 mars

- Constituants glucidiques et lipidiques des fourrages : nature, variations, dosage. R. JARRIGE (INRA)

- Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages : âge, méthodes chimiques, physiques, enzymatiques. C. DEMARQUILLY (INRA)

- Equations proposées pour prévoir la valeur énergétique des fourrages et leur application. B. DOREAU-MICHALET, J.P. DULPHY et J. ANDRIEU (INRA), Ph. WEISS (ITCF)

- Constituants azotés des fourrages et prévision de la valeur azotée (MAD - PDI). C. DEMARQUILLY et E. GRENET (INRA)

- Problèmes particuliers aux ensilages. J.P. DULPHY et B. DOREAU-MICHALET (INRA)

- Prévision de l'ingestibilité des fourrages. J. ANDRIEU, J.P. DULPHY et B. DOREAU-MICHALET (INRA), Ph. WEISS (ITCF)

- Stratégie d'utilisation de l'analyse des fourrages. C. DEMARQUILLY et R. JARRIGE (INRA)

ALIMENTS CONCENTRES ET COMPOSES

Jeudi 22 mars

- Constituants glucidiques et lipidiques : nature, variations, dosage. P. THIVEND et P. MORAND-FEHR (INRA)

- Prévision de la valeur énergétique ; les différentes méthodes et leurs limites : les relations proposées et leur application. D. SAUVANT (INA)

- Constituants azotés : Caractéristiques physico-chimiques. R. PION (INRA) - Influence des traitements. J. DELORT-LAVAL (INRA)

- Sources industrielles d'azote non protéique. M. JOURNET (INRA)

- Prévision de la valeur azotée (MAD-PDI) des aliments composés. R. VERITE et M. JOURNET (INRA), D. SAUVANT (INA)

- Constituants minéraux majeurs des fourrages et des aliments concentrés. J.C. BOUCHET et L. GUEGUEN (INRA)

- Stratégie du dosage des oligo-élements dans les fourrages et les aliments composés ; interprétation des résultats M. LAMAND et J. BELLANGER (INRA)

Vendredi 23 mars

- Réglementation française et européenne ; possibilités d'évolution. J. DELORT-LAVAL (INRA), J.P. VACHEL (SANDERS - SNIA)

- Caractéristiques physiques des aliments composés (texture...) ; mesure - recommandations. MELCION et J. DELORT-LAVAL (INRA)

- Additifs des aliments composés. Professeur R. FERRANDO (ENV Alfort)

- Possibilités d'identification microscopique des constituants des aliments composés. Professeur R. FERRANDO (ENV Alfort)

- Discussion sur la mise en oeuvre des méthodes : précision, répétabilité (chaînes d'analyse), automatisation.. Table ronde dirigée par L. LAURENT (Laboratoire des Agriculteurs de France)

Les comptes-rendus de ces Journées seront publiés

SOMMAIRES DES PUBLICATIONS DES CHERCHEURS DU CENTRE PARUES DANS LES ANNALES DE L'I.N.R.A.

(2ème SEMESTRE 1978)

M. DOREAU. Comportement alimentaire du cheval à l'écurie. Ann. Zotech., 1978, 27 (3) 291-302.

L'analyse du comportement alimentaire du cheval à l'auge par enregistrement des mouvements de la mâchoire a permis de mettre en évidence, sur des régimes foin + avoine :

— les relations entre la quantité ingérée, la durée d'ingestion et la vitesse d'ingestion : pour un même animal, la vitesse d'ingestion présente une forte corrélation avec la quantité ingérée;

— la répartition de l'ingestion : chez les animaux alimentés *ad libitum*, environ 40 p. 100 de la durée d'ingestion est représentée par les repas faisant suite à chacune des deux distributions et un tiers se situe entre 20 h 30 et 8 h 30;

— l'influence de la restriction alimentaire, qui ne modifie pas la vitesse d'ingestion, accroît la durée des deux principaux repas et diminue la durée d'ingestion située entre 20 h 30 et 8 h 30.

B. VIGNON, F. LAURENT et M. JOURNET. Variations de la teneur en azote non protéique et en urée du lait à la mise à l'herbe des vaches laitières. Ann. Zootech., 1978, 27 (3) 303-315.

L'influence de la mise à l'herbe sur les variations de la production et de la composition du lait de vache a été étudiée dans deux essais successifs.

Lorsque le régime hivernal est de bonne qualité et bien adapté aux besoins des vaches laitières, la mise à l'herbe n'a qu'une très faible influence sur les quantités de lait produites et sur la teneur en matières azotées.

La teneur en lactose n'est pas significativement modifiée, la teneur en matières grasses augmente légèrement.

La teneur en azote non protéique (ANP) augmente très rapidement dès la sortie au pâturage; l'écart maximum est de 25 p. 100 et il se situe au cours de la 1re semaine de pâturage. Cet accroissement est fugace; trois semaines après la mise à l'herbe, la teneur en ANP du lait est revenue au niveau de la période préexpérimentale.

L'urée est le principal responsable des variations enregistrées.

M. PETIT, J.P. GAREL et P. LE NEINDRE. Allaitement de deux veaux par des vaches de race Salers. I.- Productions comparées de vaches allaitant 1 ou 2 veaux. Ann. Zootech., 1978, 27 (4) 533-551.

Vingt-neuf lactations de vaches de race Salers allaitant 2 veaux dont un étranger sont comparées à 29 lactations de vaches homologues allaitant un seul veau. Sont également comparées les productions de vaches ayant allaité 1 puis 2 veaux ou 2 puis 1 veau au cours de deux lactations successives.

La production laitière des vaches allaitant deux veaux est significativement supérieure à celle des vaches allaitant un seul veau, en moyenne de 16 p. 100, bien que le nombre d'allaitements journaliers des veaux soit identique dans les deux cas. La différence est importante au début de la lactation; elle diminue ensuite mais persiste jusqu'au tarissement.

De la naissance au sevrage, le veau seul ingère par jour 4 kg de lait de plus que chacun des veaux doubles. Mais la différence de gain de poids vif journalier n'est que de 198 g, grâce à l'augmentation du temps de pâturage et de la quantité d'aliments concentrés ingérée par les veaux doubles. La production de veau par vache est accrue de 61 p. 100 en 7 mois et demi de lactation.

Le second veau a un gain de poids vif légèrement inférieur à celui du veau de la mère, sauf lorsque les tétées sont surveillées. Mais cette différence de gain de poids est très variable, probablement en relation avec la réussite à l'adoption.

Dans cette étude, l'allaitement de deux veaux modifie peu l'évolution du poids vif des vaches et n'affecte pas l'intervalle entre vêlages. Les inconnues et les limites à l'application de la technique de l'allaitement double sont discutées.

P. LE NEINDRE, M. PETIT et J.P. GAREL. Allaitement de deux veaux par des vaches de race Salers. II.- Etude de l'adoption. Ann. Zootech., 1978, 27 (4), 553-569.

Un des facteurs limitant la pratique de l'allaitement double par les vaches est la difficulté de faire adopter le veau supplémentaire par ces vaches. Nous avons analysé dans cette étude différents facteurs de variation de la réussite à l'adoption : intervalle vêlage-adoption, race du deuxième veau laitier ou rustique, durée de la période hivernale d'allaitement.

116 tentatives d'adoption ont été pratiquées entre 1969 et 1974 sur des vaches de race Salers. En plus de ces animaux, nous avons utilisé comme témoins 15 vaches allaitant des jumeaux et 21 vaches allaitant un seul veau.

Afin d'analyser la réussite à l'adoption, nous avons observé les tétées (position, ordre d'arrivée) au pâturage, 2 journées les vaches à 2 veaux et 1 journée les témoins. Les vaches témoins ont toujours été très sélectives vis-à-vis des veaux étrangers. Nous avons utilisé les 2 journées d'observation pour créer 6 classes de réussite à l'adoption parmi les vaches à 2 veaux. 25,9 p. 100 des seconds veaux sont adoptés et 34,5 p. 100 refusés.

La réussite à l'adoption est supérieure lorsque les deuxièmes veaux sont présentés au moment du vêlage et lorsqu'ils sont de race rustique. En revanche, la durée de la période hivernale d'allaitement n'a pas d'influence sur la réussite à l'adoption.

Les croissances des 89 couples de veaux restant à l'automne sont significativement différentes suivant les classes de réussite à l'adoption. L'écart de croissance entre les 2 veaux est de 54 g quand le deuxième veau est adopté et de 540 g quand il est refusé.

C. BERANGER et J. ROBELIN. Estimation du poids du contenu digestif des bovins à partir du poids du contenu du rumen. Ann. Zootech., 1978, 27 (4), 639-645.

D'après les mesures effectuées à l'abattage sur 198 bovins, on a estimé le poids du contenu digestif total à partir du poids du contenu du réticulo-rumen. La précision de cette estimation est de 5 p. 100, et cela permet de déterminer le poids vif vide des bovins à 1 p. 100 près, connaissant le poids vif, le poids du contenu du rumen, et éventuellement la nature ou la digestibilité du régime alimentaire consommé avant l'abattage.

R. GOUTEFONGEA et C. VALIN. Etude de la qualité des viandes de bovin. II.- Comparaison des caractéristiques organoleptiques des viandes de taurillon et d'animal adulte. Ann. Technol. agric., 1978, 27 (3), 609-627.

Une étude comparée des qualités organoleptiques des viandes de vache et de taurillon a été réalisée.

Au niveau de la composition des muscles après maturation on observe des différences entre les deux types de viande. Les viandes de vache ont tendance à présenter une teneur en pigment plus élevée, une teneur en glycogène résiduel plus élevée pour un même pH ultime, un pourcentage de déphosphorylation des nucléotides inférieur et une teneur en lipides neutres intramusculaires supérieure.

Les principales différences de qualités organoleptiques entre les deux types de viande se situent au niveau de la flaveur et de la jutosité. Les viandes de taurillon présentent une saveur et une jutosité inférieures à celles des viandes de vache de réforme.

Globalement il existe une relation significative et étroite entre la teneur en lipides et l'intensité de la flaveur. L'analyse de la relation pigments /flaveur et pigments /lipides permet d'avancer l'hypothèse d'une influence du type métabolique des fibres musculaires sur l'intensité de la flaveur de la viande.

M. LAROCHE, A. LACOURT. Influence du chlorure de sodium, du pH et du chauffage sur quelques propriétés de protéines de tournesol filées. Ann. Technol. agric., 1978, 27 (4), 767-781.

Cette expérimentation avait pour but de préciser l'influence du pH, de la concentration en chlorure de sodium et de la température sur la couleur, la teneur en eau et la résistance à l'écrasement des fibres de protéines de tournesol.

Un essorage standard des mèches de fils a été obtenu à l'aide d'une centrifugation à 340 g pendant 3 min. Une relation a été mise en évidence, sauf après traitement thermique, entre la force obtenue à 50 p. 100 d'écrasement et le seuil de rupture avec un coefficient de corrélation égal à 0,91.

Les fibres protéiques ont une couleur beige clair à pH 1 et brunissent progressivement avec l'augmentation du pH. Faible aux pH inférieurs à 4 (de l'ordre de 45 p. 100,) la teneur en eau augmente avec le pH pour atteindre 75 p. 100 à pH 10,5). La résistance à l'écrasement est liée au pH et diminue avec l'alcalinisation des fibres. L'influence du pH est parfaitement réversible mais ceci n'est pas vrai pour l'action de la concentration en NaCl. Le coefficient de partage de l'ion Cl^- entre la solution et les mèches à l'équilibre indique une fixation faible mais irréversible des ions sur les fibres. Le salage a aussi une influence importante sur le pH des fibres. La teneur en eau du produit diminue avec l'augmentation de la concentration en sel, et cela surtout entre 0 et 2 p. 100 de sel dans les fibres. La résistance à l'écrasement augmente avec la concentration saline.

Les traitements thermiques ont une action complexe lorsque la température est supérieure à 40 °C. La teneur en eau et la couleur ne sont pas significativement différentes. La résistance à l'écrasement reste inchangée tant que l'on n'atteint pas le seuil de rupture. Celui-ci augmente avec la température et est multiplié par un facteur 1,7 après un chauffage à 90 °C.

M. LAROCHE. Mise au point bibliographique. Facteurs influençant les pertes d'eau pendant la cuisson de la viande. Ann. Technol. agric., 1978, 27 (4), 849-871.

Les facteurs influençant les pertes d'eau pendant la cuisson de la viande sont de deux types. D'une part ceux qui modifient la liaison de l'eau dans le muscle, d'autre part ceux qui déterminent la migration de l'eau hors du morceau.

La liaison de l'eau dans le muscle dépend de facteurs zootechniques, du pH, du degré de maturation et des conditions de cuisson.

La migration de l'eau hors du morceau dépend principalement des caractéristiques géométriques des échantillons. Le pH, l'état de contraction et le degré de maturation doivent également être considérés.

Après avoir envisagé l'influence de ces facteurs, nous avons considéré les conséquences de quelques traitements technologiques, congélation, emploi d'additifs et saumurage à chaud, puis les relations entre les pertes de poids à la cuisson et la jutosité de la viande.

Ph. GOUET, M. CONTREPOIS, H.C. DUBOURGUIER, Y. RIOU, R. SCHERRER, J. LAPORTE, J.F. VAUTHEROT, J. COHEN et R. L'HARIDON. Reproduction expérimentale de la diarrhée chez des veaux axéniques ou gnotoxéniques privés de colostrum, par un *Escherichia coli* entéropathogène, un rotavirus, un coronavirus, et l'association du rotavirus-*E. coli*. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 433-440.

La reproduction expérimentale du syndrome diarrhéique du veau nouveau-né a été tentée par infection orale de 17 veaux gnotoxéniques privés de colostrum avec deux sérotypes d'*E. coli* Ent^+ $K99^+$, un rotavirus et un coronavirus.

Avec *E. coli* seul, une dose de 2×10^8 bactéries à l'âge de 24 heures provoque une légère diarrhée seulement, alors que 1×10^{10} bactéries, conduisent à la mort avec déshydratation.

Avec le rotavirus l'inoculation est suivie d'un syndrome diarrhéique plus ou moins prononcé, le déclenchement de la maladie correspond toujours à l'apparition de grandes quantités de virus dans les matières fécales. Ces animaux ont présenté une phase d'anorexie mais aucun n'est mort ni n'a été déshydraté.

Le coronavirus a provoqué une diarrhée aqueuse très abondante suivie de la mort de l'animal déshydraté.

L'inoculation du rotavirus, non léthale en elle-même, suivie d'une inoculation d'*E. coli* aux doses non léthales de 3×10^8 à 2×10^9 a entraîné la mort avec déshydratation. Les auteurs concluent que la mort de l'animal avec déshydratation peut être provoquée par des doses importantes d'*E. coli* ou de coronavirus ou par l'absorption successive de deux doses non léthales de rotavirus et *E. coli*.

H.C. DUBOURGUIER, Ph. GOUET, O. MANDARD, M. CONTREPOIS et C. BACHELERIE. Examen en microscopie électronique à balayage de l'abomasum et de l'intestin de veaux gnotoxéniques infectés soit par un rotavirus, soit par un coronavirus ou un *Escherichia coli* entéro-pathogène, ou par le rotavirus et *E. coli*. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 441-451.

La muqueuse intestinale a été observée en microscopie électronique à balayage chez des veaux gnotoxéniques inoculés expérimentalement avec *Escherichia coli* K99$^+$ Ent$^+$, rotavirus, coronavirus seuls ou en association. Chez un veau inoculé par $1{,}7 \times 10^{10}$ *E. coli* entéropathogène, des légères lésions de l'intestin grêle ont été mises en évidence, se traduisant essentiellement par des boursoufflements et des desquamations des microvillosités. Chez les veaux inoculés avec le rotavirus seul, l'abomasum est desquamé et couvert d'une épaisse couche de mucus. Dans l'intestin grêle, des cellules anormales ont été mises en évidence sans qu'il y ait desquamation. L'administration de rotavirus et d'*E. coli* induit une diarrhée sévère avec érosion totale de la muqueuse digestive de l'abomasum au côlon. Le coronavirus induit des lésions sévères à tous les niveaux de l'intestin. Ces résultats démontrent sans équivoque les potentialités propres de chacun des agents infectieux utilisés et la synergie *E. coli*/virus. De plus, l'abomasum joue sans doute un rôle primordial dans les heures suivant l'infection.

D. LEVIEUX. Immunoglobines bovines et brucellose. 3. Activité des IgG1, IgG2 et IgM contre différents lots d'antigènes du commerce au rose bengale. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 489-493.

Le diagnostic sérologique de la Brucellose bovine par le test à l'antigène au Rose Bengale a été controversé quant aux doses d'immunoglobulines actives et aux résultats obtenus sur le terrain.

Pour tenter d'expliquer ces discordances, l'activité de différentes préparations commercialisées d'antigène au Rose Bengale a été comparée vis-à-vis d'immunoglobulines purifiées IgG1, IgG2 ou IgM à activité anti-Brucella ou de sérums à anticorps essentiellement IgG ou IgM. Deux antigènes qui donnent le même titre à des IgG1 diffèrent d'un facteur 8 dans le titrage des IgM. Certains antigènes titrent les IgG2, d'autres peu ou pas du tout. Après injection expérimentale par Brucella abortus de génisses au 6^e mois de gestation, la moitié des animaux est positive dès le 12^e jour pour un antigène et seulement au 30^e jour pour un autre.

Des génisses vaccinées à 6-8 mois au B19, qui réagissent encore au test Rose Bengale 14 mois plus tard, sont quatre fois plus nombreuses avec l'un des antigènes qu'avec un autre.

M. LAMAND. Traitement des carences en cuivre et en zinc par injection intramusculaire chez le mouton. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 495-500.

Dix brebis ont reçu soit une injection de cuivre pulvérulent, soit une injection d'oxyde de zinc par voie intramusculaire, en suspension dans l'huile d'olive. Dans chaque expérience, les résultats des injections ont été comparés avec dix brebis témoins. L'augmentation du cuivre plasmatique et hépatique a été significative. L'augmentation du zinc plasmatique a également été significative. Ces élévations de teneurs plasmatiques ont débuté respectivement vers le 6^e jour et le 3^e jour après l'injection et se sont poursuivies jusqu'aux 21^e et 17^e jours. Aucune inflammation violente n'est apparue. Ce traitement semble donc efficace sans provoquer de réaction secondaire néfaste.

M. LAMAND. Prophylaxie de la carence en cuivre chez le mouton au paturage par injection d'oxyde de cuivre. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 501-504.

Vingt et une brebis d'environ 46 kg ont été mises à l'herbe sur une parcelle de ray-grass carencé en cuivre. Onze des brebis ont reçu une injection intramusculaire de 60 mg de cuivre (sous forme oxyde, CuO) en suspension dans 5 ml d'huile d'olive purifiée.

La cuprémie des brebis témoins a diminué pendant toute l'expérience (67 jours). Trois d'entre elles étaient en état de carence à l'abattage. Les brebis ayant reçu une injection de cuivre ont été protégées de la carence (cuprémie significativement plus élevée que les témoins pendant 54 jours) et présentaient à l'abattage un stock de cuivre hépatique significativement supérieur à celui des témoins.

La dose de 60 mg de cuivre par mouton adulte est certainement un maximum admissible car une des brebis traitées avait un cuivre hépatique de 1 060 µg/g M.S., ce qui est proche de la limite de toxicité habituellement admise.

D. LEVIEUX. Dosage radioimmunologique pour la détermination des différentes classes d'anticorps spécifiques d'une bactérie : application aux anticorps bovins contre *Brucella abortus*. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 523-530.

Un dosage radioimmunologique (DRI) en phase solide a été mis au point pour le titrage des différentes classes d'anticorps spécifiques d'une bactérie. Des tubes en verre sont sensibilisés par sédimentation, séchage et fixation au méthanol de corps bactériens de *Brucella abortus*. Les anticorps de sérum bovin qui se fixent sur les bactéries sont mis en évidence par l'addition d'un sérum de lapin spécifique d'une classe ou sous-classe d'immunoglobulines bovines puis d'anticorps de mouton anti-immunoglobulines de lapin marqués par ^{125}I. Cette technique en trois temps a été choisie car très sensible (< 0,3 picogramme d'anticorps/ml), donnant la meilleure discrimination entre la radioactivité spécifique et le bruit de fond et permettant d'éviter le marquage de plusieurs sérums de lapin anti-immunoglobulines bovines. Différents paramètres ont été étudiés : nature et préparation des tubes, quantité et fixation des Brucella, température et temps d'incubation, volume d'incubation, concentration des réactifs. Ce DRI et la technique de fixation du complément (FC) ont été appliqués à des sérums prélevés à intervalles réguliers sur des génisses infectées expérimentalement par *Brucella abortus* pendant la gestation. Un sérum de lapin anti-IgG1 bovines a été utilisé dans le DRI car cette sous-classe est la plus active dans la F.C. La cinétique d'apparition des anticorps anti-Brucella est très significativement corrélée pour les deux techniques ($r = 0,956$; $P < 0,001$), démontrant ainsi la validité de ce DRI. Ce test est 10 000 fois plus sensible que la F.C.

J. MASON, M. LAMAND, J.C. TRESSOL et C. LAB. Influence du soufre, du molybdate et du cuivre alimentaires sur l'absorption, l'excrétion et les fractions plasmatiques de ^{99}Mo chez le mouton. Ann. Rech. Vét., 1978, 9 (3), 577-586.

On a étudié l'effet d'une quantité accrue de soufre, de cuivre et de molybdate, administrée par le rumen ou le duodénum, sur le métabolisme du ^{99}Mo. Le $^{99}MoO_4^=$ administré par le duodénum était rapidement absorbé et excrété par l'urine ; les modifications du régime n'ont pas eu d'effet, bien que l'accroissement du S alimentaire ait augmenté le taux d'excrétion.

Le séjour du $^{99}MoO_4^=$ dans le rumen, surtout avec des taux élevés de S, induisait une modification chimique ayant pour conséquence une forte augmentation de la radioactivité fécale ; l'augmentation du Mo alimentaire améliorait l'absorption, tandis que l'augmentation du Cu la diminuait.

Lorsque le soufre alimentaire était augmenté, et plus encore lorsque S et Mo étaient accrus simultanément, on a observé une incorporation de radioactivité dans la fraction plasmatique insoluble dans l'acide trichloracétique. Les résultats sont discutés en rapport avec l'hypothèse de la formation dans le rumen d'un thiomolybdate, et d'une réaction ultérieure avec le cuivre de l'aliment ou des tissus.

B. AUROUSSEAU, J.M. PEREZ, J.C. BOUVIER et M. VERMOREL. Influence combinée de l'ingestion de tricaproïne et du mode de distribution des repas sur l'utilisation de l'énergie et de l'azote par le rat en croissance. An.. Biol. Bioch. Biophys. 1978, 18 (5), 1107-1115.

De jeunes rats mâles WISTAR ont reçu, entre 90 et 190 g, 2 types de régimes "Témoin" (T) ou "Tricaproïne" (T C6), distribués en libre consommation ou en 4 repas par jour. Les animaux ont présenté de bonnes vitesses de croissance (6,3 g/j). La distribution du régime "T" en 4 repas par jours a conduit, au niveau de la carcasse entière, à une réduction très significative (13 p.100) de la fixation d'énergie, et à une légère augmentation de la fixation d'azote (+ 1,5 %). Au niveau musculaire les effets obtenus sont plus homogènes : + 7 p.100 environ en poids, en énergie et en azote.

Le rythme de distribution du régime "T C6" (libre consommation ou 4 repas par jour) ne modifie pas de façon significative l'utilisation de l'énergie et de l'azote ingérés. La distribution de ce régime en 4 repas par jour conduit à la fixation d'énergie intermédiaire (- 7 p.100 ou + 6 p.100 respectivement par rapport au régime "T" en libre consommation ou distribué en 4 repas par jour) et à une fixation d'azote réduite de façon sensible (- 2 p.100) dans le cas de la comparaison des 2 régimes offerts en libre consommation ou de façon significative (- 6,6 p.100) dans le cas de la comparaison des 2 régimes offerts en 4 repas par jour.

Les reproductions partielles ou complètes d'articles extraits de ce bulletin doivent être référencées avec précision. Les indications de référence figurent au haut de la première page de chaque article.

Editions S.E.I.
C.N.R.A.
Route de St Cyr
78 000 - VERSAILLES
Dépôt légal : 3ème trimestre 1979
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP

Directeurs de la Publication
C. MALTERRE et A. HODEN